

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Уральское отделение Российской академии образования
Академия профессионального образования

В.В. КАРЖАВИН, С.Ф. КАМЕНСКИХ

КРАНЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Учебное пособие

Допущено Научно-методическим советом по машиностроению и технологическому оборудованию, материаловедению и обработке материалов УМО по ППО в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 050501.08 – Профессиональное обучение (машиностроение и технологическое оборудование)

Екатеринбург
2008

УДК 621.873 (075.8)

ББК 0922 я73-1

К22

Каржавин В.В. Краны машиностроительных предприятий [Текст]: учеб. пособие /В.В. Каржавин, С.Ф. Каменских. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 88 с.

ISBN 978-5-8050-0345-6

Освещены разделы курсов «Оборудование отрасли» и «Подъемно-транспортные машины». Дана классификация кранов, представлены агрегаты и механизмы подъема, передвижения, изменения вылета, поворота; грузозахватные и тяговые устройства, рельсовые пути, приведены динамические расчеты. Предназначено для студентов дневного и заочного отделения специализации 030505.08 Техническое обслуживание подъемно-транспортного оборудования.

Рецензенты: профессор, доктор технических наук Г.Г. Кожушко ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»; профессор, доктор технических наук Б.Н. Гузанов ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»

ISBN 978-5-8050-0345-6

© ГОУ ВПО «Российский государственный
профессионально-педагогический
университет», 2008

© Каржавин В.В, Каменских С.Ф., 2008

Оглавление

Предисловие.....	5
Глава 1. Общие характеристики подъемно-транспортного оборудования.....	6
1.1. Разновидности подъемно-транспортного оборудования.....	6
1.2. Основные параметры подъемно-транспортного оборудования.....	8
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	10
Глава 2. Краны, их изображение на кинематических схемах и классификация.....	12
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	19
Глава 3. Краны мостовые.....	20
3.1. Кран мостовой опорный.....	20
3.2. Кран мостовой подвесной.....	21
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	23
Глава 4. Механизмы подъема груза.....	24
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	27
Глава 5. Механизмы передвижения мостовых кранов.....	29
5.1. Типы ходовых колес и их контакт с рельсом.....	29
5.2. Крановые рельсы.....	30
5.3. Установка крановых колес.....	31
5.4. Основные схемы механизмов передвижения.....	32
5.5. Механизмы передвижения тележек мостовых кранов.....	37
5.6. Определение максимальных нагрузок на колеса тележек и крана.....	39
5.7. Определение сопротивления движению механизмов с приводными колесами.....	43
5.8. Проверка сцепления колес с рельсами и условие отсутствия пробуксовки.....	46
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	49
Глава 6. Краны стреловые.....	50
6.1. Кран стреловой автомобильный.....	50
6.2. Кран стреловой порталный.....	51
6.3. Кран стреловой башенный.....	53

<i>Контрольные вопросы и задания</i>	56
Глава 7. Механизмы изменения вылета стрелы.....	57
7.1. Нагрузки, действующие на стрелу.....	57
7.2. Уравновешивание стрелы.....	61
7.3. Понятие грузовысотной характеристики.....	66
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	67
Глава 8. Грузозахватные и тяговые устройства.....	69
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	74
Глава 9. Нагрузки, действующие на грузозахватные устройства	
кранов.....	75
9.1. Кран как трехмассовая система.....	75
9.2. Динамическая нагрузка при подъеме груза.....	76
9.3. Динамическая нагрузка при передвижении крана.....	82
9.4. Динамическая нагрузка при вращении поворотной части	
крана.....	83
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	84
Заключение.....	85
Библиографический список.....	86

Предисловие

Машиностроение отличается большим разнообразием технологических процессов и соответствующего оборудования для их реализации. В целом оборудование машиностроения как отрасли можно разделить на три большие группы: энергетическое, технологическое и подъемно-транспортное.

Энергетическое оборудование имеет целью создание источника энергии, необходимой для приведения в движение машины. К нему относятся электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания и дизели, паросиловые установки, гидромашины, компрессоры.

Технологическое оборудование предназначено для непосредственного воздействия на материалы и полуфабрикаты с целью их формообразования и формоизменения, а также сборки полученных деталей в отдельные узлы и агрегаты. К нему относятся литейное оборудование, металлорежущие станки, сварочное оборудование, кузнечно-прессовое оборудование, оборудование для отдельных сборочных операций, измерительная техника и приборы контроля.

Подъемно-транспортное оборудование (ПТО) используется для подъема и перемещения грузов и обслуживающего персонала. ПТО по своему назначению и конструктивному исполнению весьма разнообразно. Это и механизмы с ручным приводом (тали, тележки, лебедки, домкраты), и более сложное оборудование (краны, конвейеры, подъемники, погрузчики и др.).

Из всего многообразия ПТО в настоящем пособии рассмотрены краны – основная подъемная техника машиностроительных предприятий. Приведены классификация кранов, их общие и кинематические схемы, описание устройства отдельных механизмов, указаны их достоинства и недостатки, дан расчет действующих нагрузок.

Пособие предназначено для студентов машиностроительного факультета специализации «Техническое обслуживание подъемно-транспортного оборудования», изучающих учебные дисциплины «Оборудование отрасли» и «Подъемно-транспортные машины», а также может быть полезно студентам других специализаций машиностроительного факультета.

Глава 1. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1.1. Разновидности подъемно-транспортного оборудования

Подъемно-транспортное оборудование является одним из важнейших средств механизации предприятий машиностроительной отрасли. Оно предназначено для перемещения грузов и людей в вертикальной, горизонтальной и наклонной плоскостях. Без применения ПТО невозможно функционирование современных заводов.

Разновидности ПТО показаны на рис. 1.1.

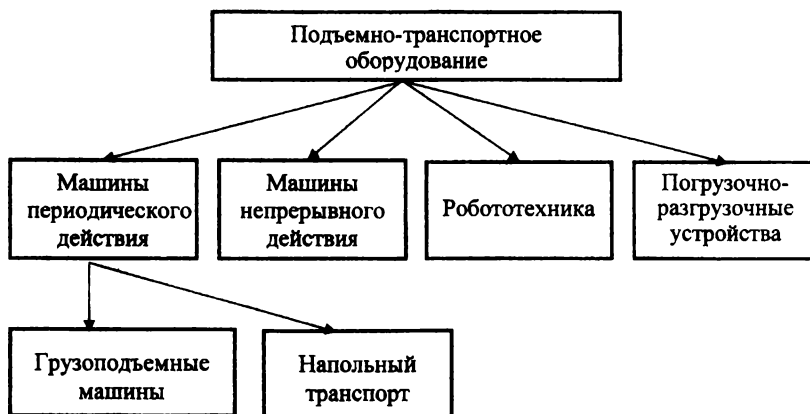


Рис. 1.1. Схема классификации ПТО

По характеру выполняемых действий и назначению ПТО машиностроительных предприятий может быть условно разделено на следующие укрупненные группы:

- 1) машины периодического действия (МПД);
- 2) машины непрерывного действия (МНД);
- 3) робототехника;
- 4) погрузочно-разгрузочные устройства.

К *погрузочно-разгрузочным устройствам* относятся бункеры, дозаторы, стеллажи, и т.д. Они предназначены для выполнения операций на погрузочно-разгрузочных, перегрузочных, укладочных работах с сыпучими и штучными грузами.

Устройства *робототехники* используют машины и манипуляторы с антропоморфным (человекоподобным) поведением, которые частично или полностью выполняют функции человека (иногда животного) при взаимодействии с окружающим миром. Ввиду особенностей системы управления эту особую группу ПТО необходимо рассматривать отдельно.

Группу *машин непрерывного действия* составляют ленточные и цепные конвейеры, элеваторы и канатные дороги. Конвейеры могут выполняться с тяговым органом (ленточные, цепные, элеваторные, канатные) либо без тягового органа (винтовые, гравитационные, вибрационные, а также конвейеры, использующие гидро- и пневмотранспорт).

Основное внимание в настоящем учебном пособии будет уделяться *машинам периодического действия*, имеющим наибольшее распространение на машиностроительных предприятиях. Машины периодического действия в свою очередь подразделяют на грузоподъемные машины (ГПМ), у которых зона обслуживания (зона действия) стационарная, и напольный транспорт.

ГПМ включают краны различных типов: мостовые, наиболее распространенные на машиностроительных предприятиях, а также козловые, автомобильные, башенные, порталные и др. К числу ГПМ относятся грузовые и пассажирские лифты, подъемники, лебедки, тали и т.п.

К представителям машин напольного транспорта относятся электрокары, тягачи, авто- и электропогрузчики, электроштабелеры и др.

Современное производство машин ПТО основано на создании блочных конструкций, состоящих из самостоятельных сборочных единиц-блоков, соединенных между собой легкоразъемными элементами. К таким унифицированным сборочным единицам-блокам относятся: ходовое колесо с буксой, крюковая подвеска, блок в сборе, барабан для каната, редуктор, электродвигатель, буфер, кабина управления и др.

1.2. Основные параметры подъемно-транспортного оборудования

Принято использовать следующие основные характеристики ПТО: Q – вес груза (нагрузка), Н, кН; m – масса груза, кг, т; P – производительность, т/час; n – число циклов в час, 1/час; V – объем, m^3 ; G – вес отдельных частей машины, Н, кН; h – высота подъема, м; v – скорость подъема, м/с, м/мин; t – время цикла, с; v_p – скорость перемещения, м/с, м/мин.

Машины периодического действия характеризуются периодической подачей грузов, перемещением их отдельными порциями. При этом загрузка и разгрузка производятся при остановке машины и лишь иногда на ходу, во время перемещения груза. Рассмотрим основные характеристики МПД.

На рис. 1.2 изображена схема движения мостового крана.

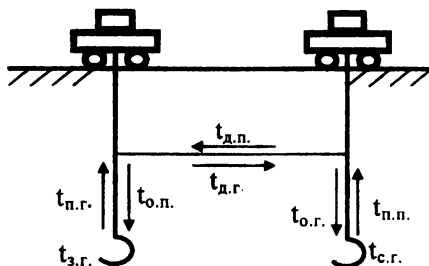


Рис. 1.2. Схема движения мостового крана по времени

В случае МПД *время цикла* может быть разбито на сумму отдельных отрезков времени. Так, например, для мостового крана, схема движения которого показана на рис. 1.2, общее время цикла можно представить в виде

$$t_{ц} = t_{з.г.} + t_{п.г.} + t_{д.г.} + t_{о.г.} + t_{с.г.} + t_{п.п.} + t_{д.п.} + t_{о.п.}, \quad (1.1)$$

где $t_{з.г.}$ и $t_{п.г.}$ – захват и дальнейший подъем груза; $t_{д.г.}$ – движение крана; $t_{о.г.}$ и $t_{с.г.}$ – опускание и снятие груза, соответственно; $t_{п.п.}$, $t_{д.п.}$, $t_{о.п.}$ – подъем захвата, движение крана и опускание захвата порожняком.

Количество циклов в час – это величина, обратная времени цикла; она вычисляется как

$$n = 3600 / t_{\text{ц}}, \quad (1.2)$$

где время цикла выражено в секундах.

Грузоподъемность МПД характеризует единичную нагрузку, на которую рассчитана машина. Она равна либо весу груза Q , выраженному в Н или кН, либо массе m груза, измеряемой в килограммах или тоннах, при этом

$$Q = m g, \quad (1.3)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Производительность Π , т/ч – часовая нагрузка:

$$\Pi = n m, \quad (1.4)$$

где n – число циклов в час, ч^{-1} ; m – масса транспортируемого материала, т .

Если груз разнороден по массе, то производительность устанавливается по формуле

$$\Pi = n_1 m_1 + n_2 m_2 + \dots + n_n m_n. \quad (1.5)$$

При перегрузке сыпучего материала вместо массы учитывается объем V перемещаемого груза

$$\Pi = n V \psi \gamma, \quad (1.6)$$

где V – объем сосуда, м^3 ; γ – насыпная (объемная) масса груза, т/м^3 ; ψ – коэффициент заполнения.

Машины непрерывного действия характеризуются непрерывным перемещением насыпных или штучных грузов по заданной трассе без остановок. Перемещаемый насыпной груз располагается сплошным слоем на грузонесущем органе машины. Последний представляет собой ленту, пластину или отдельные емкости (ковши, люльки и т.п.), которые непрерывно движутся. Емкости расположены последовательно на небольшом расстоянии один от другого. Штучные грузы перемещаются

также сплошным потоком. При этом рабочее (с грузом) и обратное (без груза) движения грузонесущего органа происходят одновременно, и МНД не имеют остановок на погрузку и разгрузку. Именно это и обуславливает их высокую производительность (до 30 000 т/ч или до 10 вагонов за 1 мин), что заставляет устанавливать погрузочно-разгрузочные устройства типа бункеров, дозаторов, накопителей и т.п.

Основное назначение МНД – перемещение грузов по заданной трассе. Одновременно с транспортированием грузов они могут их распределять, складировать и накапливать. В связи с этим особую группу ПТО составляют машины, составляющие единое целое с дозаторами, питателями и др.

Основными параметрами МНД (конвейеров) являются:

- производительность, Q , т/ч или V , $\text{м}^3/\text{ч}$;
- параметры трассы: длина, м; высота подъема груза, м; угол подъема, град.;
- общие характеристики транспортируемого груза.

По территориальному признаку промышленный транспорт разделяют на внешний и внутренний (внутризаводской). Внутренний, в свою очередь, делят на междоцеховой и внутрицеховой (рис.1.3).

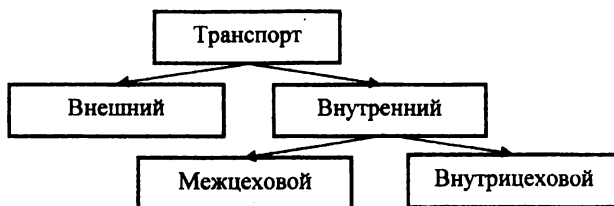


Рис.1.3. Классификация промышленного транспорта

Мы будем изучать в основном внутрицеховой транспорт (ПТО внутрицехового действия), к которому относятся, в частности, мостовые краны, конвейеры, погрузчики и др.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие виды оборудования характерны для машиностроительного производства?

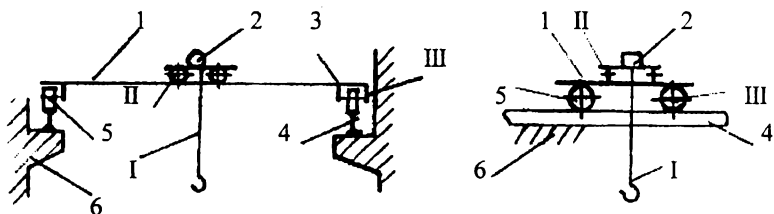
2. Опишите назначение ПТО.
3. Назовите разновидности ПТО.
4. В чем заключается различие машин периодического и непрерывного действия?
5. Какие машины относятся к напольному транспорту?
6. Изобразите классификационную схему ПТО.
7. Из чего складывается суммарное время цикла МПД?
8. Укажите основные параметры МПД и МНД.
9. Охарактеризуйте промышленный транспорт в целом.
10. В чем заключается блочный принцип создания подъемно-транспортных машин?

Глава 2. КРАНЫ, ИХ ИЗОБРАЖЕНИЕ НА КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМАХ И КЛАССИФИКАЦИЯ

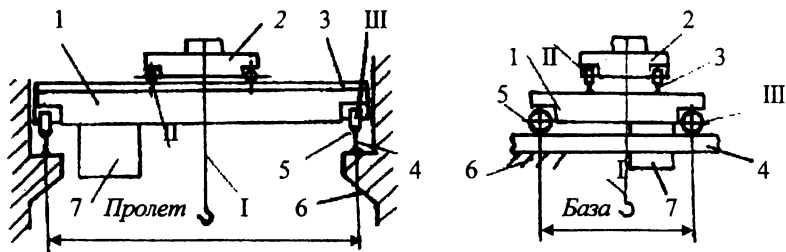
Краном называется грузоподъемная машина циклического действия, предназначенная для подъема и перемещения груза с помощью грузозахватного органа. Машины, имеющие в качестве грузозахватного органа крюк, называют крюковыми кранами, а машины, снабженные грузозахватными органами в виде ковша, грейфера, магнита, – кранами специального назначения.

Рассмотрим изображение крана на кинематической схеме на примере мостового крана (рисунок).

a



b



Основные механизмы и агрегаты мостового крана:

механизмы: I – подъема; II – передвижения тележки; III – передвижения крана; *агрегаты:* 1 – мост; 2 – тележка; 3 – рельсовый путь тележки; 4 – рельсовый путь крана; 5 – ходовая часть; 6 – опорные конструкции цеха; 7 – кабина

Изображать будем таким образом, чтобы можно было выделить отдельные механизмы и агрегаты. Первые удобно обозначать римскими цифрами, вторые – арабскими. Количество изображений (проекций) будет зависеть от того, какие задачи применительно данной машины будут решаться. В одном случае доста-

точно одной проекции, в другом – двух, иногда и трех. Изображение можно дать в упрощенном варианте (см. а) или в обычном (см. б).

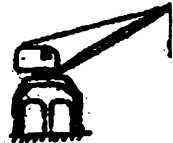
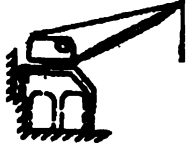


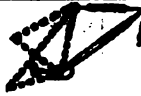

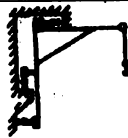
Электрооборудование и элементы автоматики не показаны. Кроме того, на упрощенной схеме не показаны рельсовый путь тележки и кабина.




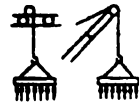


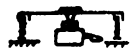
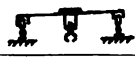
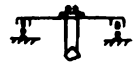
Общая классификация кранов приведена в таблице.

Общая классификация кранов






№ п/п	Тип (вид) крана	Определение	Схема
1	Кран грузо-подъемный	Машина цикличного действия, предназначенная для подъема и перемещения груза, подвешенного с помощью крюка или удерживаемого другим грузозахватным органом	–
Классификация грузоподъемных кранов по конструктивному исполнению			
2	Кран мостового типа	Кран, у которого грузозахватный орган подвешен к грузовой тележке или тали, перемещающейся по мосту, движущемуся по крановым путям	См. № 6 – 8
3	Кран кабельного типа	Кран, у которого грузозахватный орган подвешен к грузовой тележке, перемещающейся по несущим канатам, закрепленным на двух опорах	См. № 9 – 10
4	Кран стрелового типа	Кран, у которого грузозахватный орган подвешен к стреле или тележке, перемещающейся по стреле	См. № 11 – 16
5	Кран консольный	Кран с консолью, у которого разнесены по вертикали опоры и грузозахватный орган подвешен к консоли или тележке, перемещающейся по консоли	См. № 17 – 19

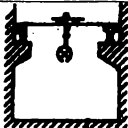
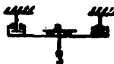



№ п/п	Тип (вид) крана	Определение	Схема
<i>Краны мостового типа</i>			
6	Кран мостовой	Кран мостового типа, перемещающийся по надземному крановому пути	
7	Кран козловой	Кран мостового типа с двумя опорными стойками	
8	Кран полукозловой	Кран мостового типа с одной опорной стойкой	
<i>Краны кабельного типа</i>			
9	Кран кабельный	Кран кабельного типа с несущими канатами, закрепленными в верхней части опорных мачт	
10	Кран кабельный мостовой	Кран кабельного типа с несущими канатами, закрепленными на концах моста, установленного на опорных стойках	
<i>Краны стрелового типа</i>			
11	Кран стреловой	Кран стрелового типа со стрелой, закрепленной на раме ходового устройства или на платформе	—

№ п/п	Тип (вид) крана	Определение	Схема
12	Кран порталый	Кран стрелового типа поворотный, передвижной, на портале, предназначенном для пропуска железнодорожного или автомобильного транспорта	
13	Кран полупортальный	Кран стрелового типа поворотный, передвижной, на полупортале	
14	Кран башенный	Кран стрелового типа поворотный, со стрелкой, закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни	
15	Кран мачтовый (деррик)	Кран стрелового типа поворотный, имеющий вертикальную мачту и стрелу, закрепленную шарнирно на мачте, имеющей нижнюю и верхнюю опоры	
16	Стрела монтажная	Кран стрелового типа неповоротный, стационарный, монтируемый непосредственно у места производства работ	
<i>Краны консольные</i>			
17	Кран, свободно стоящий на колонке	Кран консольный стационарный, закрепленный на колонке, вращающейся в опорном гнезде основания	
18	Кран настенный	Кран консольный стационарный, прикрепленный к стене либо перемещающийся по надземному крановому пути, закрепленному на элементах сооружения	

№ п/п	Тип (вид) крана	Определение	Схема
19	Кран велосипедный	Кран консольный, перемещающийся по двум путям, образованным наземным монорельсом и верхней направляющей	
Классификация кранов по виду грузозахватного органа			
20	Кран крюковой	Кран, оборудованный грузозахватным органом в виде крюка	
21	Кран грейферный	Кран, оборудованный грузозахватным органом в виде грейфера	
22	Кран магнитный	Кран, оборудованный грузозахватным органом в виде магнита	
23	Кран мულдо-магнитный	Кран мостового типа, оборудованный грузовым магнитом и приспособлением для перемещения мулд	
24	Кран мулдо-грейферный	Кран мостового типа, оборудованный грейфером и приспособлением для перемещения мулд	
25	Кран мულдозавалочный	Кран мостового типа, оборудованный хоботом для захвата мулд	
26	Кран штыревой	Кран мостового типа, оборудованный захватом для извлечения штырей из электролизеров	
27	Кран литейный	Кран мостового типа, оборудованный механизмами подъема и опрокидывания литейного ковша	
Классификация кранов по способу привода			
28	Кран с ручным приводом	Кран с ручным приводом его механизмов	—

Продолжение таблицы

№ п/п	Тип (вид) крана	Определение	Схема
29	Кран электрический	Кран с электрическим приводом его механизмов	—
30	Кран с механическим приводом	Кран с приводом от одного или нескольких двигателей, работающих на один вал, и с механической трансмиссией	—
31	Кран гидравлический	Кран с гидравлическим приводом его механизмов	—
32	Кран с комбинированным приводом	Кран со смешанной системой привода его механизмов	—
Классификация кранов по способу передвижения			
33	Кран стационарный	Кран, закрепленный на фундаменте или другом неподвижном основании	
34	Кран самоподъемный	Кран, установленный на конструкциях возводимого сооружения и перемещающийся вверх по мере роста сооружения при помощи собственных механизмов	
35	Кран переставной	Кран, установленный на основании и переставляемый с места на место с помощью других механизмов	
36	Кран передвижной	Кран, имеющий механизмы для передвижения в процессе работы	—
37	Кран прицепной	Кран передвижной, не оборудованный механизмом для передвижения и перемещаемый в прицепе за тягачом	
Классификация кранов по типу ходового устройства			
38	Кран железнодорожный	Кран стреловой на платформе, передвигающийся по железнодорожному пути	
39	Кран автомобильный	Кран стрелового типа на шасси автомобиля	—

№ п/п	Тип (вид) крана	Определение	Схема
40	Кран пневмоко- лесный	Кран стрелового типа на пнев- моколесном шасси, управляе- мый из кабины, установленной на поворотной части крана	—
41	Кран гусенич- ный	Кран на гусеничных тележках	—
42	Кран тракторный	Кран стреловой на шасси трак- тора	—
43	Кран рельсовый	Кран на рельсовом ходовом устройстве	—
Классификация кранов мостового типа по способу опоры			
44	Кран опорный	Кран мостовой, опирающийся на надземный крановый путь	
45	Кран подвес- ной	Кран мостовой, подвешенный к нижним полкам кранового пути	
Классификация кранов по степени поворота			
46	Кран полнопо- воротный	Кран поворотный, имеющий воз- можность вращения поворотной части из одного крайнего поло- жения в другое на угол более 360°	
47	Кран неполно- поворотный	Кран поворотный, имеющий воз- можность вращения поворотной части из одного крайнего поло- жения в другое на угол менее 360°	
48	Кран непово- ротный	Кран, не имеющий возможности вращения груза относительно опорной части крана	

Примечание. Схемы не определяют конструкции кранов.

Контрольные вопросы и задания

1. Что называется краном?
2. Опишите назначение кранов, их роль в технологическом процессе.
3. Как классифицируются краны?
4. Охарактеризуйте кран, представленный на рисунке или схеме (по заданию преподавателя).
5. Что представляет собой кинематическая схема крана?
6. Изобразите кинематическую схему крана (по заданию преподавателя).
7. Перечислите виды кранов, различаемых по конструктивному исполнению.
8. Опишите структуру крана, механизмы и агрегаты.

Глава 3. КРАНЫ МОСТОВЫЕ

Мостовой кран – кран, у которого грузозахватный орган подвешен к грузовой тележке или тали, перемещающейся по мосту, движущемуся по крановым путям.

3.1. Кран мостовой опорный

Питание электродвигателя осуществляется от цеховых троллеев, изготовленных из стали уголкового профиля и прикрепленных к стене здания (рис. 3.1). Для подачи напряжения на краны применяют токосъемники скользящего типа (их башмаки скользят при передвижении моста крана).

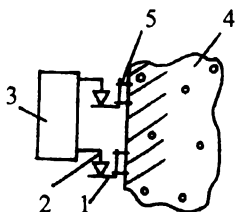


Рис. 3.1. Схема токосъемника:

- 1 – троллей; 2 – токосъемник с башмаком; 3 – аппарат управления;
4 – опорная конструкция; 5 – элементы крепления

Для обслуживания цеховых троллеев на кране предусмотрена специальная площадка. Для токоподвода к электродвигателю, расположенному на тележке, используется гибкий кабель. В этом случае между двумя стойками концевых балок натягивается проволока, к которой на специальных подвижных подвесках крепится гибкий кабель.

Для поперечного перемещения грузов на мосту опорного мостового крана устанавливается грузовая тележка с механизмом перемещения тележки и с одним или двумя механизмами подъема груза. Например, литейный кран имеет один механизм подъема большей грузоподъемности для поднятия и транспортировки ковша и второй механизм меньшей грузоподъемности для наклона и опрокидывания ковша при разливке металла.

Для управления опорным мостовым краном в нижней части моста устанавливается кабина. Вход в кабину управления обычно осуществляется по стационарной лестнице.

Согласно классификации, рассмотренной в гл. 2, на рис. 3.2 изображен кран мостовой, крюковой, с электрическим приводом, передвижной, рельсовый, опорный, неповоротный (7 характеристик).

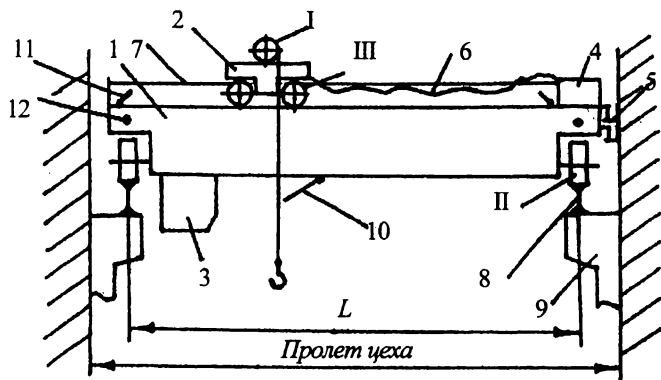


Рис. 3.2. Основные механизмы и агрегаты опорного мостового крана:
механизмы: I – подъема, II – передвижения, III – передвижения тележки; *агрегаты:*
 1 – мост; 2 – тележка; 3 – кабина; 4 – электроаппаратура; 5 – токосъемное устройство;
 6 – гибкий кабель; 7 – поддерживающая проволока; 8 – рельс; 9 – опорные конструкции
 цеха; 10 – линейка ограничения; 11 – механизм ограничения хода тележки; 12 – буфер

Опорные мостовые краны наиболее широко используются на машиностроительных предприятиях и имеют грузоподъемность от 5 до 300 т (в ряде случаев до 600 т).

3.2. Кран мостовой подвесной

Кран мостовой подвесной (рис. 3.3) используется для более полного обслуживания всей площади цеха. Правда, подвесной мостовой кран уступает опорному в грузоподъемности и не используется для особо ответственных работ, таких как транспортировка ковша с расплавленным металлом.

Несущей балкой подвесного моста крана является обычно прокатная двутавровая балка (одна или две). Если балка одна, то мостовой кран независимо от того, опорный он или подвесной, называют «кран-балка».

При малых пролетах балки не имеют дополнительных ферм и снабжены только подкосами в местах соединения главной и концевой балок. Для больших пролетов балки имеют фермы жесткости. Управление краном может быть осуществлено из кабины и с пола. Подвесные мостовые краны имеют грузоподъемность от 0,25 до 20 т и обслуживают пролет здания до 100 м.

Подытожим преимущества мостовых опорных кранов и подвесных кранов по отношению друг к другу:

1) *Опорные краны*: повышенная грузоподъемность; повышенная надежность (при транспортировке опасных грузов).

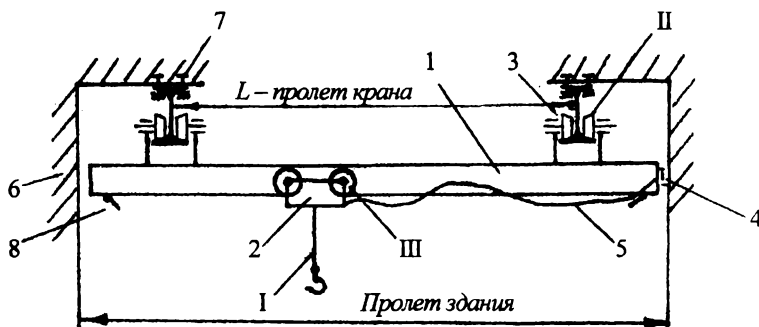


Рис. 3.3. Основные механизмы и агрегаты подвесного мостового крана:
механизмы: I – подъема; II – передвижения; III – передвижения тельфера;
агрегаты: 1 – балка моста; 2 – тельфер; 3 – механизм передвижения (ходовая каретка);
 4 – токосъемное устройство; 5 – гибкий кабель; 6 – опорные конструкции цеха;
 7 – элементы крепления; 8 – ограничитель хода тельфера

2) *Подвесные краны*: обслуживание зданий с большими пролетами; простота конструкции балки моста; обслуживание более низких производственных помещений; возможность передачи груза из пролета в пролет (рис. 3.4).

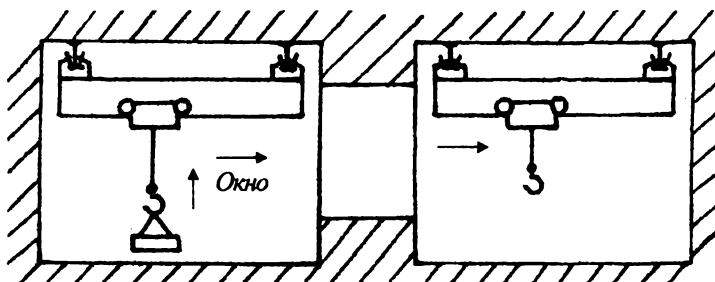


Рис. 3.4. Схема передачи груза в соседний пролет подвесным краном

Прогрессивным конструктивным решением является синтез двух отмеченных выше конструкций (кран однобалочный, но с верхним расположением

тележки). В этом случае крюковую подвеску располагают сбоку от главной балки. Одна из таких схем приведена на рис. 3.5.

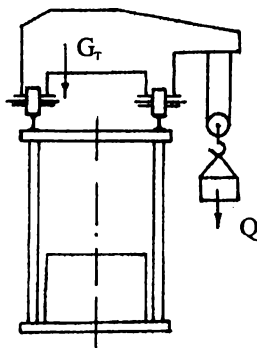


Рис. 3.5. Схема однобалочного крана с верхним расположением тележки

В современных конструкциях мостовых кранов большая часть электрооборудования смонтирована внутри главной (пролетной) балки, хотя иногда щит (шкаф) аппаратуры управления выносят наружу.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие типы мостовых кранов Вы знаете?
2. Перечислите механизмы и агрегаты мостового крана.
3. Опишите опорный мостовой кран, укажите его обозначение на кинематической схеме, достоинства и недостатки.
4. Опишите подвесной мостовой кран, укажите его кинематическую схему, достоинства и недостатки.
5. Что представляют собой электрооборудование и элементы автоматики мостовых кранов?
6. Изобразите схему однобалочного мостового крана с верхним положением тележки.
7. Сравните достоинства и недостатки мостового опорного и мостового подвесного кранов.
8. Перечислите основные кинематические, геометрические и силовые параметры мостовых кранов.

Глава 4. МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМА ГРУЗА

Схема типового *механизма подъема груза* представлена на рис. 4.1.

При конструировании механизма подъема, как и других крановых механизмов, используется принцип блочности конструкций (они обозначаются цифрами).

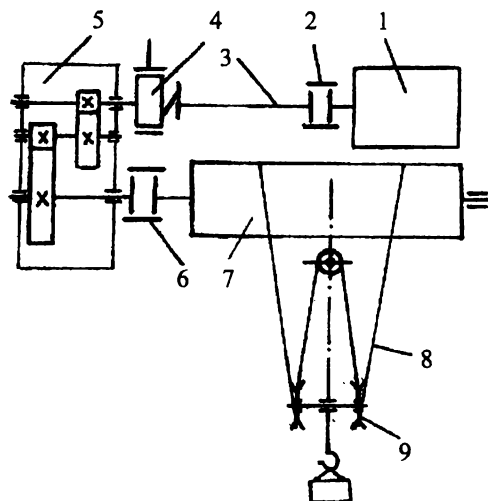


Рис. 4.1. Схема механизма подъема груза:

1 – электродвигатель; 2, 6 – муфты; 3 – вал-вставка; 4 – тормозное устройство;
5 – редуктор; 7 – барабан; 8 – полиспаст; 9 – крюковая подвеска с грузом

В качестве муфт 2 и 6 могут быть использованы упругие втулочно-пальцевые, а также зубчатые муфты.

Соединение двигателя с редуктором осуществляется, как правило, с помощью вала-вставки 3, который позволяет более удобно скомпоновать наиболее тяжелые агрегаты на раме тележки, создавая равномерное давление на ее колеса.

Тормозное устройство 4 состоит из тормозного шкива и полумуфты. По правилам Ростехнадзора тормозной шкив (полумуфта) должен находиться только на валу редуктора.

Муфты подбирают по каталогам, исходя из расчетного крутящего момента: $M_F = k \cdot M_{ном}$, где $k = 3 \dots 5$ – коэффициент динамичности (увеличения динамической нагрузки по отношению к статической).

Согласно правилам Ростехнадзора механизмы подъема выполнены так, что опускание груза возможно только двигателем.

Отметим, что механизм подъема отличается от обычной электрической лебедки по следующим позициям:

- 1) двигатель и барабан у механизма подъема располагаются по одну сторону редуктора, чтобы выиграть в площади (он является электрической лебедкой с особой компоновкой привода);
- 2) в механизме подъема исключается возможность переключения скоростей под нагрузкой;
- 3) исключено отключение механизма подъема без предварительного наложения тормоза;
- 4) спуск груза в механизме подъема осуществляется только двигателем;
- 5) механизм подъема всегда обладает полиспастной системой.

Реализацию позиций 2 и 4 обеспечивает соответствующая электросхема механизма подъема.

На эксплуатационные и конструктивные характеристики механизма подъема значительное влияние оказывают виды соединения барабана с редуктором. Существуют несколько вариантов выполнения этого узла.

Одним из вариантов является схема, при которой вал барабана устанавливают на двух самостоятельных опорах А и В и соединяют с редуктором посредством муфты (рис. 4.2). Так как опоры барабана и редуктор независимы, то при сборке возможны некоторые погрешности, что компенсирует муфта (как правило, зубчатая). Соединения, собранные по этой схеме, отличаются надежностью в работе, удобством монтажа и обслуживания, но имеют относительно большие габариты.

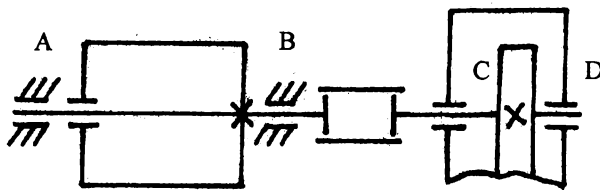


Рис. 4.2. Двухопорная схема установки барабана:
А, В – опоры барабана; С, D – подшипники редуктора

В трехопорной схеме установки барабана его вал является как бы продолжением выходного вала редуктора (рис. 4.3). Муфта здесь отсутствует, что снижает габариты, зато вал очень чувствителен к неточности монтажа. Кроме того,

нарушается принцип блочности конструкции при сборке, так как сборка редуктора отдельно невозможна.

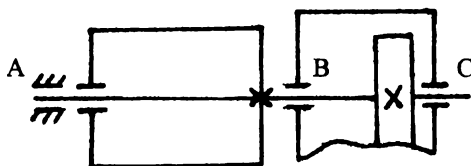


Рис. 4.3. Трехопорная схема установки барабана:
А – опора барабана; В, С – подшипники редуктора

В некоторых схемах крутящий момент передается на барабан с помощью открытой зубчатой передачи (рис. 4.4). В этом случае колесо закрепляется на валу барабана (см. рис. 4.4, а) или венец колеса устанавливают непосредственно на барабан (см. рис. 4.4, б).

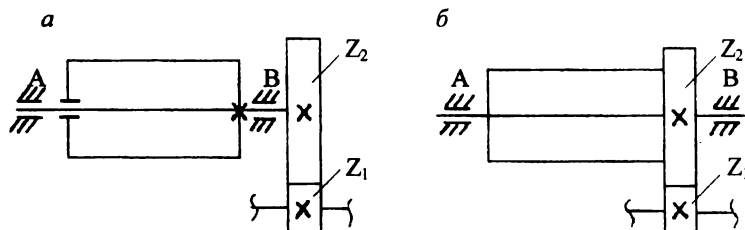


Рис. 4.4. Схема установки барабана с открытой зубчатой передачей:

а – колесо посажено на вал барабана; б – венец колеса выполнен на барабане

Недостатком обеих схем является открытая зубчатая передача, надежность и износостойкость которой ниже, чем закрытой.

В схеме, представленной на рис. 4.5, установка одной из опор оси вала барабана осуществляется внутри консоли выходного вала редуктора.

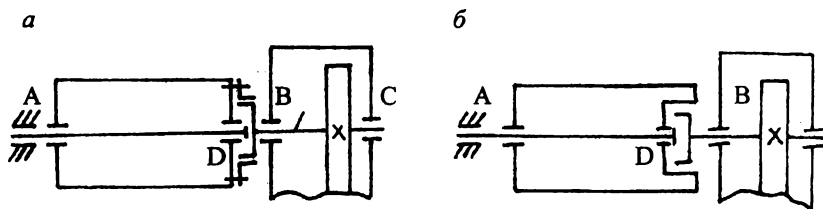


Рис. 4.5. Схема установки одной из опор внутри барабана:

а – зубчатая муфта снаружи барабана; б – зубчатая муфта внутри барабана;

А, D – опоры вала барабана; В, С – опоры вала редуктора

Конец выходного вала редуктора выполнен в виде половины зубчатой муфты. Вторая половина муфты укреплена на барабане. В этом случае и вал редуктора, и вал барабана устанавливают на двух опорах: первый – на С и В, второй – на D и А.

Такая схема наиболее применима, поскольку статически определима и позволяет реализовать принцип блочной конструкции. Особенно это касается варианта б, когда зубчатая муфта располагается внутри барабана.

На конструкцию механизма подъема (рис. 4.6) существенное влияние оказывает кратность полиспаста.

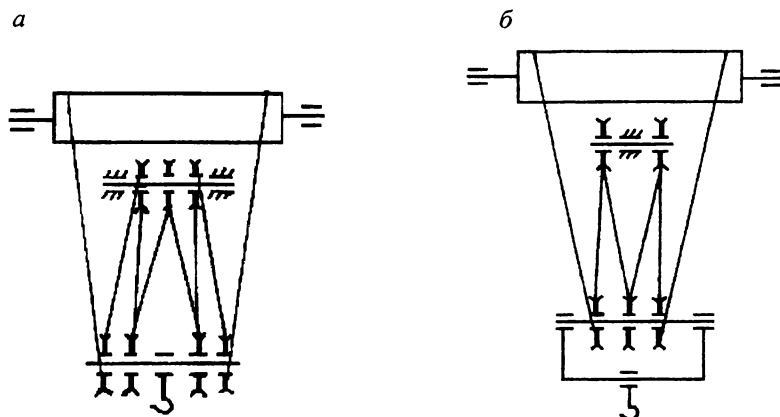


Рис. 4.6. Схема сдвоенных полиспастов:

а – четырехкратный (четный $i = a/p = 8/4 = 2$); б – трехкратный (нечетный $i = 3$)

Подвес груза на одной ветви каната применяется редко. При грузоподъемности порядка 25 т применяют двух-, трех- и четырехкратные полиспасты. При еще большей грузоподъемности кратность полиспаста доходит до 10 – 12. Полиспасты с четной кратностью (см. рис. 4.6, а) предпочтительней (особенно когда ведется работа с опасным грузом), поскольку полиспасты с нечетной кратностью (см. рис. 4.6, б) могут вызвать перекос груза.

Контрольные вопросы и задания

1. Изобразите кинематическую схему механизма подъема груза.
2. Какие муфты используют в механизмах подъема и как их выбирают?

3. Чем отличается механизм подъема мостового крана от обычной электрической лебедки?
4. Укажите способы соединения редуктора с валом барабана механизма подъема.
5. Что такое «кратность полиспаста»?
6. Какие существуют типы полиспастов?
7. Как влияет на конструкцию механизма подъема кратность полиспаста?
8. Какие положения правил Ростехнадзора регламентируют работу механизмов подъема?

Глава 5. МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ МОСТОВЫХ КРАНОВ

5.1. Типы ходовых колес и их контакт с рельсом

Согласно правилам Ростехнадзора *ходовые колеса* механизмов передвижения мостовых кранов и их грузовых тележек должны быть выполнены или установлены таким образом, чтобы исключалась возможность схода колес с рельсов.

Для этого ходовые колеса имеют один или два ходовых фланца – *реборды*, служащие для направления движения колеса по рельсу. Применение безребордных ходовых колес допускают при наличии специальных устройств, исключающих сход колеса с рельсов (роликов).

На рис. 5.1 показаны основные типы крановых колес.

При цилиндрическом ободе колеса может применяться рельс с плоской или закругленной головками, при коническом – с закругленной головкой. Рельс с закругленной головкой дает точечный контакт; плоский рельс и цилиндрический обод дают линейный контакт.

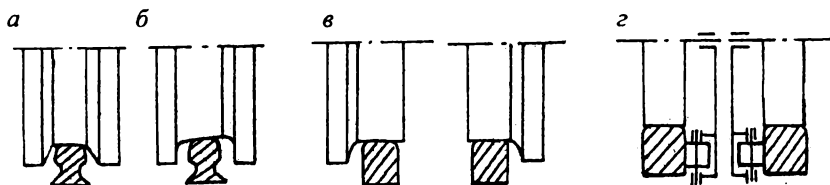


Рис. 5.1. Основные типы крановых колес:

а – цилиндрическое с двумя ребордами; *б* – коническое с двумя ребордами; *в* – цилиндрические с одной ребордой; *г* – цилиндрические

Для обеспечения нормального движения крана при возможных неточностях укладки рельсового пути и неточностях монтажа металлоконструкций крана ширину рабочей части ободов двухребордных колес следует принимать больше ширины головки рельса:

- 1) для крановых колес с цилиндрическим ободом – на 30 мм;
- 2) крановых колес с коническим ободом – на 40 мм;
- 3) колес крановых тележек – на 15 – 20 мм.

Одноребордные ходовые колеса, согласно правилам [12], могут применяться в следующих случаях:

- если колея наземного кранового пути не превышает 4 м и обе нитки лежат на одном уровне;

- если краны передвигаются каждой стороной по двум рельсам при условии, что расположение реборды на одном колесе противоположно расположению реборды на другом колесе (при расположении колес на одной оси);

- у опорных и подвесных тележек мостовых кранов;

- у подвесных тележек, передвигающихся по однорельсовому пути.

У одноребордных колес опорных кранов ширина обода за вычетом реборды должна превышать ширину головки рельса не менее чем на 30 мм.

Колеса башенных кранов всегда двухребордные. При безребордных колесах для предотвращения схода с рельса применяют направляющие ролики (см. рис. 5.1, з).

Главным недостатком ребордных колес является трение скольжения реборд. Применение безребордных ходовых колес существенно уменьшает потери на трение, так как трение качения ролика по рельсу создает сопротивление меньшее, чем трение скольжения реборд по рельсу, а значит, снижается и мощность привода ходовых колес. Но, с другой стороны, установка направляющих роликов требует дополнительной конструктивной проработки узла ходовых колес и, соответственно, его усложнения.

Крановые колеса изготавливаются из специальных сталей. Поверхности колес и рабочие поверхности реборд имеют твердость HB 300 – 350 при диаметре колеса 320 – 500 мм на глубину 20 мм, при диаметре колеса 630 – 800 мм – на 30 мм.

5.2. Крановые рельсы

Для кранов применяются рельсы различных типов (рис. 5.2).

Железнодорожные и крановые рельсы изготавливаются из высокоуглеродистой стали и имеют скругленную головку. Крановые рельсы имеют стенку повышенной толщины и более широкую опорную плоскость, благодаря чему обеспечивается равномерная передача давления колес на верхний пояс подкрановой балки.

Выбор типа рельса зависит от режима работы крана, от типа и величины давления ходовых колес. Использование конических колес предопределяет установку рельсов со скругленными головками. Для цилиндрических колес основ-

ными типами являются железнодорожные и крановые рельсы. Рельсы из квадратной и полосовой стали применяют для кранов сравнительно небольшой грузоподъемности и при отсутствии специальных рельсов. Железнодорожные, козловые, порталные краны передвигаются, главным образом, по железнодорожным рельсам.

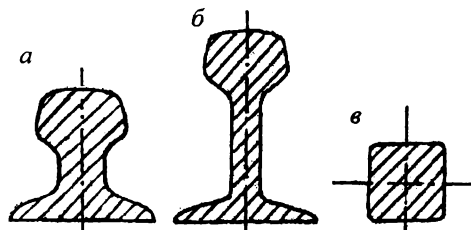


Рис. 5.2. Подкрановые и подтележечные рельсы:
а – специальные крановые рельсы; б – железнодорожные рельсы;
в – горячекатаная квадратная сталь

Рельсы крепят к подкрановым балкам или укладывают по типу железнодорожных путей на специальные основания (рис. 5.3).

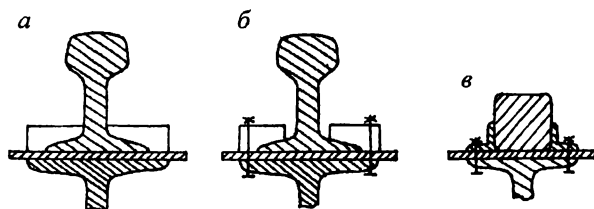


Рис. 5.3. Укладка и крепление рельсов:
а – неподвижное крепление рельса; б, в – подвижное

Существуют два способа крепления рельсов: неподвижное (см. рис. 5.3, а) и подвижное (см. рис. 5.3, б, в). Неподвижное крепление рельса к подкрановой балке, выполняемое скобами при помощи сварки, допустимо для кранов с легким режимом работы. Основным рекомендуемым способом крепления считается подвижное (болтовое). Это крепление позволяет осуществлять рихтовку (выравнивание) пути и обеспечивает удобную и сравнительно простую замену изношенных рельсов.

5.3. Установка крановых колес

В мостовых кранах находят применение различные конструкции установки ходовых колес. Часто используют типовые узлы – кованные (штампованные)

колеса на валах, подшипники качения которых размещены в угловых буксах (рис. 5.4).

В козловых и консольных кранах находят применение более простые узлы с цилиндрическими буксами или с буксами с косым разъемом. Для этих же кранов, работающих с ограниченной интенсивностью, устанавливают колеса на подшипниках, смонтированных на осях. Концы осей закрепляют неподвижно в металлоконструкции.

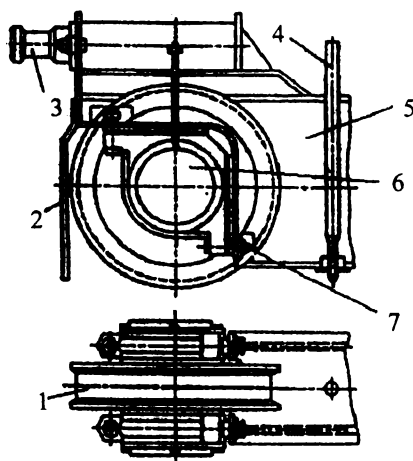


Рис. 5.4. Угловая букса:

- 1 – колесо; 2 – щиток; 3 – буфер; 4 – винт домкрата; 5 – концевая балка;
6 – букса; 7 – элементы крепления

Верхние и нижние горизонтальные ролики консольных кранов устанавливаются на подшипниках качения на консольных осях. Иногда их монтируют в проемах верхней и нижней балок вертикальной рамы.

5.4. Основные схемы механизмов передвижения

В общем случае механизм передвижения с приводными колесами состоит из двигателя, системы передач и ходовой части с ходовыми колесами (катками). Механизмы передвижения тележек и кранов могут иметь ручной и машинный привод.

Механизмы передвижения с ручным приводом. Ручной привод применяется на кранах, используемых на складах и производственных участках с ограниченным объемом работы. Обычно грузоподъемность таких кранов не выше 15 –

20 т, пролет не более 14 – 17 м. Мостовые краны с ручным приводом в зависимости от грузоподъемности и величины пролета могут иметь однобалочную конструкцию моста из двутаврового профиля, по полкам которого передвигается каретка (кошка) с подвешенным к ней подъемным устройством, или двухбалочную конструкцию моста с четырехкатковой тележкой (рис. 5.5).

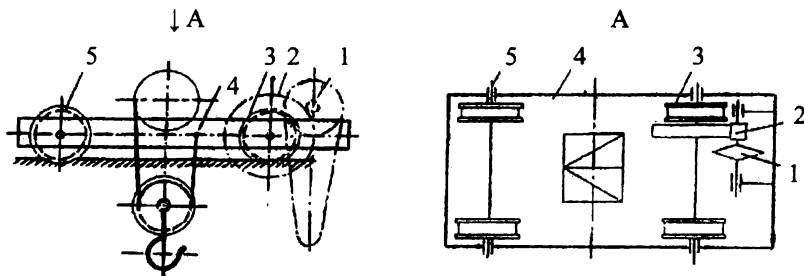


Рис. 5.5. Тележка с ручным механизмом передвижения:

1 – тяговое колесо; 2 – открытая зубчатая передача; 3 – приводные ходовые колеса; 4 – рама тележки; 5 – не приводные ходовые колеса

Механизм передвижения тележки смонтирован на раме 4, опирающейся на два ведущих (приводных) колеса 3 и два ведомых (неприводных) колеса 5. Ведущие колеса приводятся во вращение через зубчатую передачу 2 тяговым колесом 1, вращающимся при помощи тяговой цепи или рукоятки.

Механизмы передвижения однобалочного и двухбалочного мостов содержат те же основные элементы.

Механизмы передвижения с электрическим приводом. Механизмы передвижения с электрическим приводом состоят из электродвигателя, промежуточных передач (трансмиссии), ходовой части с ведущими и ведомыми колесами.

Механизмы передвижения современных мостовых кранов отличаются по следующим параметрам:

- применение редукторного привода (нежелателен тихоходный двигатель);
- использование ведущих и ведомых колес со съемными буксами;
- соединение валов с помощью зубчатых муфт, не требующих высокой точности сборки.

Механизмы передвижения моста выполняют с центральным или раздельным приводами. При центральном расположении привода электродвигатель устанавливается примерно в средней части моста. На приводные ходовые колеса

вращение передается через трансмиссионный вал. В отдельном приводе для каждого приводного ходового колеса или группы приводных ходовых колес используется индивидуальный электродвигатель. Существуют три конструктивные разновидности механизмов передвижения с центральным расположением привода: с тихоходным, среднеходным и быстроходным трансмиссионным валом. Грузоподъемность, пролет и тип металлоконструкций моста, а также тип крана оказывают существенное влияние на выбор схемы механизма передвижения.

Механизмы передвижения с тихоходным трансмиссионным валом (рис. 5.6). Трансмиссионный вал, составленный из нескольких отдельных секций, соединенных между собой, а также с концами тихоходного вала редуктора и валами ходовых колес зубчатыми муфтами, опирается на промежуточные опоры, установка и количество которых в сочетании с применяемыми самоустанавливающимися подшипниками и муфтами обеспечивают нормальную работу и необходимую соосность соединяемых секций.

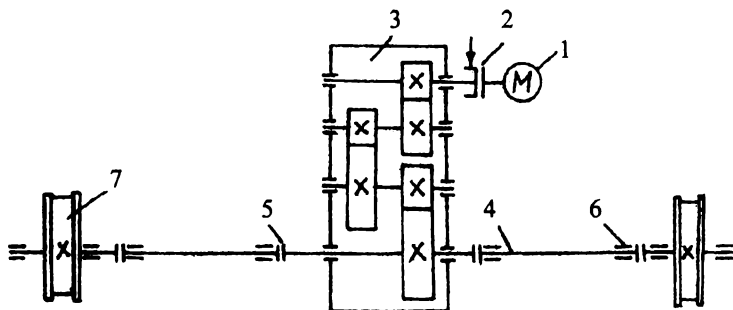


Рис. 5.6. Механизм передвижения с тихоходным трансмиссионным валом:
1 – электродвигатель; 2 – тормоз; 3 – трехступенчатый цилиндрический редуктор; 4 – трансмиссионный вал; 5 – зубчатая муфта; 6 – промежуточная опора; 7 – ходовое колесо

Механизмы передвижения с тихоходным трансмиссионным валом получили достаточно широкое применение на мостовых кранах общего и специального назначения.

Механизм передвижения с быстроходным трансмиссионным валом. Сборный трансмиссионный вал 4 механизма передвижения моста мостового крана (рис. 5.7) имеет в этом случае одинаковую угловую скорость с непосредственно соединенным с ним валом электродвигателя 1, установленного в средней части моста. От концов трансмиссионного вала вращение передается на два ре-

дуктора 3, а затем на ходовые колеса 7. Для той же мощности быстроходный вал в отличие от тихоходного имеет меньший диаметр (в 2–3 раза) и меньший вес (в 4–6 раз), но его применение требует высокой точности монтажа подшипников на жестких опорах и динамической балансировки вращающихся частей.

Кроме того, при нагружении крана упругие деформации моста могут вызывать значительные смещения подшипников и дополнительный перекося осей смежных секций, что особенно опасно для быстроходного трансмиссионного вала. Поэтому использование быстроходного вала целесообразно для крановых мостов при длине пролета более 15–20 м с повышенной жесткостью в вертикальной плоскости и с такой установкой подшипников, которая позволяет исключить появление недопустимых перекосов и дисбаланса отдельных секций.

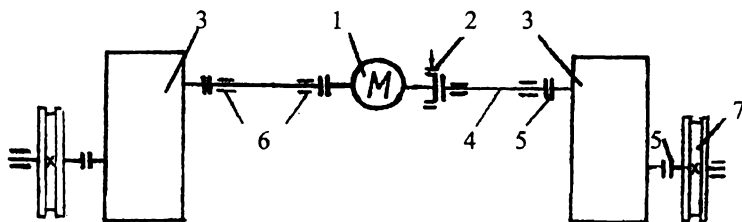


Рис. 5.7. Механизм передвижения с быстроходным трансмиссионным валом:

- 1 – электродвигатель; 2 – тормоз; 3 – редуктор; 4 – трансмиссионный вал;
5 – зубчатая муфта; 6 – промежуточная опора; 7 – ходовое колесо

При тихоходном трансмиссионном вале деформация кранового моста под нагрузкой оказывает малое воздействие на работу вала и обычно не учитывается. Быстроходные трансмиссионные валы могут применяться на главных тележках литейных кранов.

Механизм передвижения со среднеходным трансмиссионным валом.

На приведенной схеме (рис. 5.8) движение от электродвигателя 1 передается через редуктор 3 с уменьшенным передаточным числом, трансмиссионный вал 4 и дополнительные зубчатые передачи 8 на ходовые колеса 7. В этом случае передаваемый трансмиссионным валом крутящий момент оказывается в несколько раз меньше крутящего момента, действующего на тихоходном валу крана с теми же параметрами, что позволяет сократить его вес, вес зубчатых муфт и подшипниковых узлов, т.е. элементов, непосредственно относящихся к валу. Но, с другой стороны, наличие двух дополнительных концевых редукторов или открытых передач не приводит к заметному снижению общего веса механизма.

Эти механизмы используются иногда на козловых кранах и мостовых перегружателях с жесткими мостами, на консольных и велосипедных кранах.

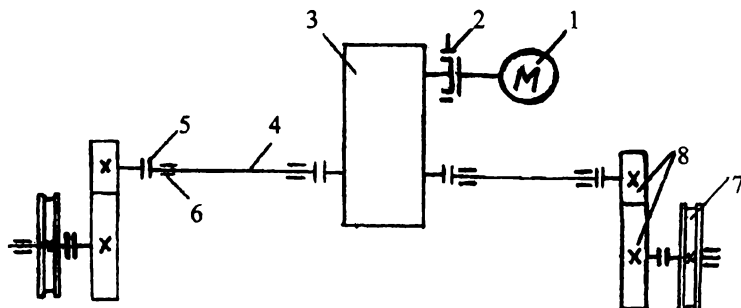


Рис. 5.8. Механизм передвижения со среднеходным трансмиссионным валом: 1 – электродвигатель; 2 – тормоз; 3 – редуктор; 4 – трансмиссионный вал; 5 – зубчатая муфта; 6 – промежуточная опора; 7 – ходовое колесо; 8 – открытая зубчатая передача

Механизм передвижения с раздельным (индивидуальным) приводом. На мостовых кранах механизм передвижения с раздельным приводом (рис. 5.9, а) состоит из двух отдельных приводов для каждой стороны моста, имеющих электродвигатель 1, тормоз 2 и редуктор 3, соединенный с приводным ходовым колесом 4 муфтой 5. Электродвигатели рассчитываются, с учетом возможной неравномерности их загрузки, каждый на 60% от общей требуемой мощности. Иногда механизм передвижения с раздельным приводом может быть снабжен дополнительной зубчатой передачей 6, 7 (рис. 5.9, б).

За последние годы механизмы с раздельным приводом приобретают все большее применение на кранах многих типов. У мостовых кранов они применяются на мостах балочной конструкции при пролетах более 15 м. Еще большее применение эти механизмы имеют на порталных и башенных кранах.

При работе механизмов с раздельным приводом перераспределение нагрузок между электродвигателями осуществляется через металлоконструкцию моста. На забегающей вперед стороне моста благодаря повышению сопротивления на приводных ходовых колесах и возрастанию нагрузки на электродвигатель наблюдается падение скорости движения. Для противоположной стороны в связи с уменьшением в это время сопротивления на приводных колесах и нагрузки на двигатель происходит некоторое повышение скорости вращения и в результате возникает автоматическое выравнивание перекоса.

Следовательно, движение моста крана с раздельным приводом происходит с меньшими перекасами, что и способствует широкому применению этого типа привода. Установка двух отдельных приводов у концевых балок моста создает, как показывает практика эксплуатации, более благоприятное распределение нагрузок на ходовые колеса, рельсы и мост крана и приводит к повышению надежности и долговечности этих элементов.

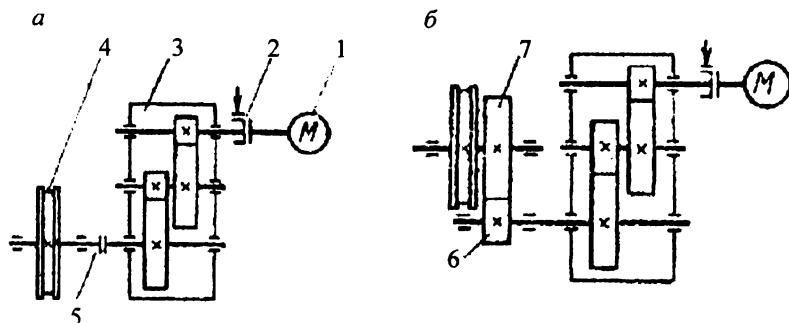


Рис. 5.9. Индивидуальный привод ходового колеса:

1 – электродвигатель; 2 – тормоз; 3 – редуктор; 4 – ходовое колесо с трансмиссионным валом; 5 – зубчатая муфта; 6, 7 – зубчатые колеса

Использование раздельного привода целесообразно, когда отношение пролета крана к его базе не превышает 6 ($l/B \leq 6$). При более высоком значении этого отношения необходимо искусственное повышение горизонтальной жесткости моста, так как в противном случае из-за повышенной гибкости моста будут происходить значительные забегания одной концевой балки по отношению к другой.

5.5. Механизмы передвижения тележек мостовых кранов

Эти механизмы аналогичны механизмам передвижения моста крана. Они могут быть как с центральным приводом (обычно с тихоходным трансмиссионным валом), так и с индивидуальным приводом (с навесным расположением редуктора). На рис. 5.10 показан такой механизм.

Так как размеры колеи тележек значительно меньше размеров колеи моста, а горизонтальная жесткость рамы тележки значительно больше соответствующей жесткости металлоконструкции моста, то перекасы тележек не имеют существенного значения в отличие от перекасов мостов кранов.

На рис. 5.11 представлена кинематическая схема такого механизма, который состоит из двигателя 2, установленного на раме тележки и соединенного

муфтой 4 с вертикальным редуктором 3. Выходной вал редуктора передает вращение ведущим колесам тележки 1 через зубчатую передачу 6, 7 с паразитными колесами. Ходовые колеса обычно перемещаются по плоским рельсам.

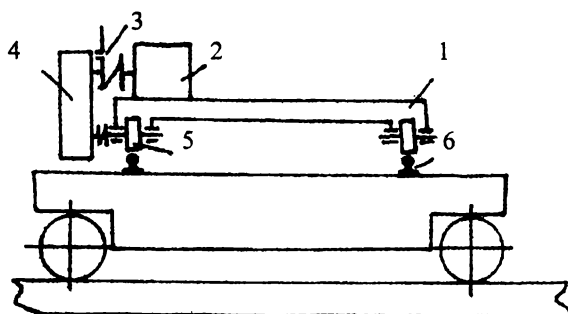


Рис. 5.10. Механизм передвижения тележки с индивидуальным приводом:

1 – рама тележки; 2 – двигатель; 3 – гибкая муфта с тормозным шкивом;
4 – редуктор; 5 – ходовые колеса →; 6 – рельсы

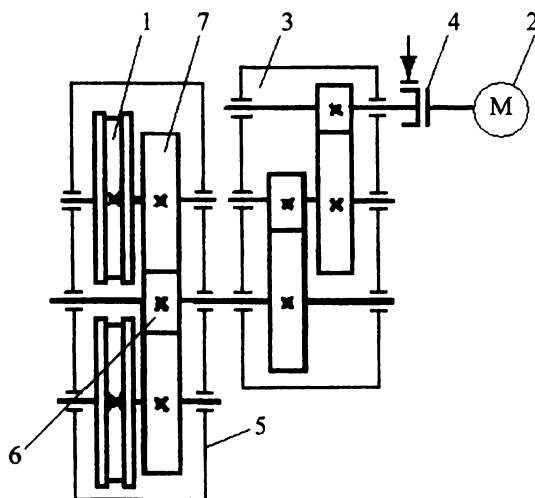


Рис. 5.11. Кинематическая схема индивидуального привода тележки:

1 – ведущее колесо тележки; 2 – электродвигатель; 3 – вертикальный двухступенчатый редуктор; 4 – муфта с тормозным шкивом; 5 – рама тележки; 6 – шестерня;
7 – колесо зубчатой передачи

Механизмы передвижения однорельсовых тележек. Однорельсовые (монорельсовые) тележки и тали, оборудованные грузоподъемным устройством,

передвигаются по полкам ездовой балки. Обычно такой балкой является стальной прокат двутаврового профиля. Тележки изготавливаются с ручным передвижением при непосредственном воздействии (толкании) на груз, с ручным приводом от тягового колеса и с приводом от электродвигателя.

Однорельсовые тележки устанавливаются на двух или четырех катках. Двухкатковые тележки имеют, как правило, ручной привод, а четырехкатковые – ручной и электрический. Для тележек с электрическим приводом обычно одна пара катков выполняется как приводная. Электрические тали большой грузоподъемности подвешивают к двум четырехкатковым тележкам. В случае необходимости обе тележки могут снабжаться специальными электрическими приводами. Однорельсовые пути дают возможность получения сложных по конфигурации трасс движения тележек в горизонтальной плоскости с использованием закруглений, переводных стрелок и поворотных кругов; тележки со специальными обрезиненными прижимными роликами могут двигаться и по наклонным участкам монорельса.

5.6. Определение максимальных нагрузок на колеса тележек и крана

У тележек мостовых и консольных кранов распределение давления на колеса принимают как приблизительно равномерное, т. е.:

$$P_K = (Q + G_T)/4 = P_{CP}, \quad (5.1)$$

где Q – грузоподъемность крана, кН; G_T – вес тележки с учетом подвески, кН.

Некоторую небольшую неравномерность можно учитывать при определении максимальных и минимальных нагрузок на колесо:

$$P_{K\text{MAX}} = ((Q + G_T)/4)k_H > P_{CP}; \quad (5.2)$$

$$P_{K\text{MIN}} = (Q + G_T)/(4k_H) < P_{CP}, \quad (5.3)$$

где k_H – коэффициент неравномерности нагружения колес тележки; обычно $k_H = 1, 1, \dots, 1, 15$.

Вес тележки G_T для кранов грузоподъемностью 5...50 т можно определить по табл. 5.1. Приведенные значения определены на основании ГОСТ 25711–83.

Таблица 5.1

Зависимость веса тележки крана от грузоподъемности

Грузоподъемность, т	5	8	10	12,5	16	16/3,2	20/5	32/5	50/12,5
Вес тележки, кН	19,6	21,6	23,5	29,4	36,3	46,1	61,8	85,3	132,4

Примечание. В числителе обозначена грузоподъемность главного механизма подъема, а в знаменателе – вспомогательного, если тележка имеет два механизма подъема.

Вес тележки для промежуточных значений грузоподъемности можно получить методом интерполяции. Для кранов, имеющих грузоподъемность 80...500 т, вес тележки можно найти по ГОСТ 6711–83.

На рис. 5.12 показаны расчетные схемы, по которым можно вычислить максимальные нагрузки на все колеса одной стороны крана P_{\max} . Эти схемы могут быть использованы и для определения минимальных нагрузок P_{\min} на все колеса одной стороны крана, когда тележка без груза находится в крайнем положении.

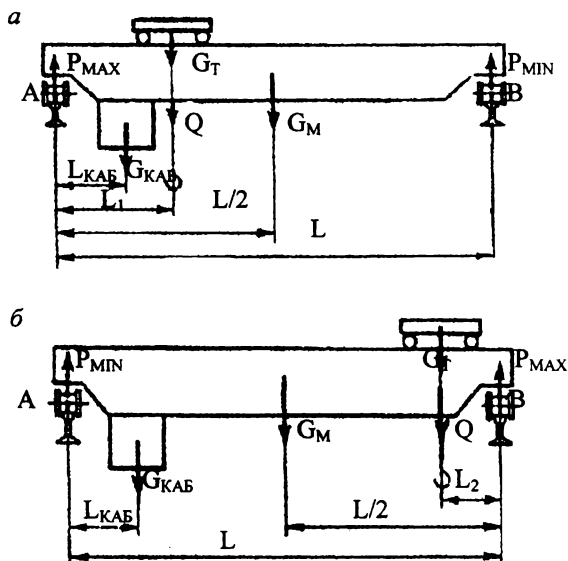


Рис. 5.12. Расчетная схема максимальных нагрузок, действующих на колеса крана:

а – $Q \leq 160$ кН; б – $Q \geq 160$ кН; G_M , $G_{КАБ}$ – вес моста и кабины

Выбор той или иной схемы из представленных на рис. 5.12 зависит от грузоподъемности крана и соотношения величин L_1 и L_2 , представляющих расстоя-

ния от вертикальной оси крюка механизма главного подъема до оси ближайшего подкранового рельса в крайних положениях тележки при несжатых буферах. Значение L_1 обычно больше значения L_2 . Расчет показывает, что для кранов грузоподъемностью до 16 т влияние веса кабины оказывается более существенным, чем влияние разницы плеч L_1 и L_2 , а значит, для этих кранов следует использовать схему, показанную на рис. 5.12, а. Для кранов грузоподъемностью 16/3,2 т и выше следует использовать схему 5.12, б.

Представляя кран в виде двухопорной балки трехмассовой системы (мост, тележка, кабина) и составляя уравнения моментов сил относительно опор, можно получить выражения для определения P_{MAX} и P_{MIN} . Для расчета этих величин необходимо знать числовые значения параметров G_M , $G_{\text{КАБ}}$, $L_{\text{КАБ}}$, L_1 , L_2 . Вес моста крана вычисляется как

$$G_M = G_{\text{КР}} - G_{\text{КАБ}} - G_T, \quad (5.4)$$

где $G_{\text{КР}}$ – конструктивный вес крана с электрооборудованием, т.

Значение $L_{\text{КАБ}}$ можно принять одинаковым для всех кранов и равным 2,4 м. Значения L_1 и L_2 для кранов различной грузоподъемности приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Соотношение расстояний от вертикальной оси крюка механизма главного подъема до оси ближайшего подкранового пути в зависимости от грузоподъемности крана

Q, т	5,0	8,0	10,0	12,5	16,0	16/3,2	20/5	32/5	50/12,5
l_1 , м	1,0		1,2		1,3	1,95	2,01	1,91	2,0
l_2 , м	0,8		1,1		1,12	1,3	1,12	1,6	1,9
Q, т	80/20	100/20	125/20	160/32	200/32	250/32	320/32	400/80	500/80
l_1 , м	2,7		2,7; 3,1		3,2		3,4	4,3	5,2
l_2 , м	1,9		1,9; 2,5		2,5		3,1	4,0	3,8

Нагрузки на колеса одной стороны крана можно принимать распределенными равномерно.

Для схемы 5.12, а

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0; \\ -G_{\text{КАБ}} \cdot L_{\text{КАБ}} - (Q + G_T)L_1 - G_M L/2 + P_{\text{MIN}}L &= 0; \\ P_{\text{MIN}} &= (G_{\text{КАБ}}L_{\text{КАБ}} + (Q + G_T)L_1 + 0,5G_M L)/L. \end{aligned}$$

По аналогии

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$P_{\text{MAX}} = (G_{\text{КАБ}}(L - L_{\text{КАБ}}) + (Q + G_T)(L - L_1) + 0,5G_M L)/L.$$

Для схемы 5.12, б соответственно:

$$P_{\text{MIN}} = (G_{\text{КАБ}}(L - L_{\text{КАБ}}) + (Q + G_T)L_2 + 0,5G_M L)/L;$$

$$P_{\text{MAX}} = (G_{\text{КАБ}}L_{\text{КАБ}} + (Q + G_T)(L - L_2) + 0,5G_M L)/L.$$

Проверка

$$P_{\text{MAX}} + P_{\text{MIN}} = Q + G_{\text{КР}} = Q + G_M + G_T + G_{\text{КАБ}}.$$

Сила давления на одно колесо вычисляется как

$$P_{\text{CP}} = P/n;$$

$$P_{\text{K MAX}} = k_H(P_{\text{MAX}}/n) > P_{\text{CP}};$$

$$P_{\text{K MIN}} = (P_{\text{MIN}}/nk_H) < P_{\text{CP}},$$

где n – число колес с одной стороны моста; $k_H = 1,1 \dots 1,15$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки на колеса.

Пример

Определить силы, действующие на опоры мостового крана с кабиной, а также силы давления на колеса механизма передвижения, если грузоподъемность $Q = 100$ кН (10 ТС), количество колес – 4 шт., пролет $L = 20$ м.

Решение

Так как $Q < 160$ кН, используем схему 5.12, а.

Из данных табл. 5.2 находим $L_1 = 1,2$ м; $L_2 = 1,1$ м.

Из данных табл. 5.1 находим $G_T = 23,5$ кН, принимаем $L_{\text{КАБ}} = 2,4$ м.

Согласно данным справочника, для $Q = 100$ кН и $L = 20$ м: $G_{\text{КР}} = 230$ кН; $G_{\text{КАБ}} = 10$ кН. Вес моста, как и вес крана, зависит от пролета и определяется как разность:

$$G_M = G_{\text{КР}} - G_T - G_{\text{КАБ}} = 230 - 23,5 - 1,0 = 196,5 \text{ кН}.$$

Нагрузки на опоры вычисляются следующим образом:

1) для опоры В: $P_{\text{MIN}} = (10 \cdot 2,4 + (100 + 23,5)1,2 + 0,5 \cdot 196,5 \cdot 20)/20 = 106,86$ кН;

2) для опоры А: $P_{\text{MAX}} = (10 \cdot (20 - 2,4) + (100 + 23,5) \cdot (20 - 1,2) + 0,5 \cdot 196,5 \cdot 20)/20 = 223,14$ кН.

Проверка

$$P_{\text{MIN}} + P_{\text{MAX}} = Q + G_{\text{КР}} \text{ или } 106,86 + 223,14 = 100 + 230 \text{ (верно).}$$

Нагрузка на одно колесо (принимаем $k_H = 1,1$):

- минимальная: $P_{K \text{ MIN}} = P_{\text{MIN}}/2k_H = 106,86/21,1 = 48,57 \text{ кН}$;
- максимальная: $P_{K \text{ MAX}} = k_H (P_{\text{MAX}}/2) = 1,1 (223,14/2) = 122,73 \text{ кН}$.

Таким образом, $P_{K \text{ MAX}}$ более чем в 2 раза больше $P_{K \text{ MIN}}$.

Вывод

$P_{K \text{ MAX}}$ надо знать для выбора размера колеса, $P_{K \text{ MIN}}$ – для расчета сцепления колеса с рельсом.

5.7. Определение сопротивления движению механизмов с приводными колесами

При передвижении тележки или крана по рельсам двигатель механизма передвижения преодолевает сопротивление сил трения, инерции, ветровой нагрузки, а также сопротивления, которые могут проявиться при движении вверх по наклонному пути. Однако ветровая нагрузка появляется только при работе на открытом воздухе, а составляющую силу тяжести при движении по наклонному пути учитывают только в тех случаях, когда известно, что подкрановый путь имеет уклон на значительном протяжении.

Рассмотрим схему определения момента сопротивления передвижению, вызываемого трением (рис. 5.13).

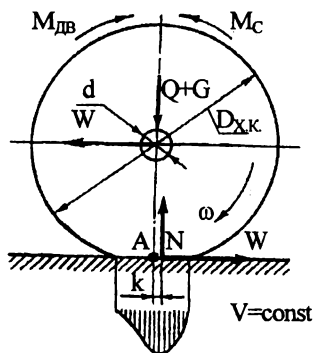


Рис. 5.13. Схема распределения силовых факторов во время качения колеса:
 $M_{\text{дв}}$ – движущий момент; M_c – момент сопротивления; $Q + G$ – вес груза и тележки;
 N – нормальная реакция; W – сила сопротивления; $D_{\text{хк}}$ – диаметр колеса; ω – угловая скорость; k – коэффициент трения качения; d – диаметр цапфы

Передвижение крана сопровождается трением качения колес о рельсы, а также трением в подшипниках.

Момент трения в опорах вычисляется по формуле

$$M_{\text{тр}} = f(Q + G) d/2,$$

где Q – вес транспортируемого груза, Н; G – собственный вес тележки и крана, Н; d – диаметр цапфы, м; f – приведенный коэффициент трения, имеющий для различных подшипников следующие значения (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Коэффициент трения в подшипниках

Подшипники скольжения	f	Подшипники качения	f
Подшипники открытого типа	0,1	Подшипники шариковые и роликовые радиальные	0,015
Букса с жидкой смазкой	0,08	Подшипники конические радиально-упорные	0,02

Материал колес по своим физическим свойствам не является идеально упругим. При движении колеса по жесткому основанию (рельсу) контакт соприкасающихся тел осуществляется не по точке или линии, а по некоторой площади (см. рис. 5.13). В связи с этим сумма нормальных давлений в точках, выходящих из-под контакта, меньше, чем в точках, входящих в контакт. Поэтому нормальная равнодействующая реакции $N = Q + G$ не проходит через ось колеса, а смещается навстречу движению колеса на расстояние k (см. рис. 5.13), называемое коэффициентом трения качения колеса по рельсу.

Для стальных ходовых колес его значения указаны в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Коэффициент трения качения стального колеса по рельсу, мм

Рельсы	Диаметр ходового колеса $D_{\text{хк}}$, мм				
	200...320	400...560	630...700	800	900...1000
С плоской головкой	0,3	0,5	0,6	0,65	0,7
С выпуклой головкой	0,4	0,6	0,8	1	1,2

В действительности коэффициент трения качения k зависит от давления, т.е. от нагрузки. При этом возникает момент сопротивления от качения колеса по рельсу, равный $(G_{\text{тр}} + G)k$. Общий момент сопротивления передвижению

$$M_{\text{с}} = (Q + G)k + f(Q + G)d/2. \quad (5.5)$$

Разложим момент сил сопротивления на пару сил, приложенных в точке контакта колеса с рельсом А и в центре колеса. Тогда сопротивление передвижению для колеса диаметром $D_{\text{х.к}}$ будет вычисляться как

$$W = 2M_{\text{с}}/D_{\text{х.к}} = ((Q + G)/D_{\text{х.к}})(2k + f d) = P_{\text{дв}} \quad (5.6)$$

или

$$W = (Q + G)W_0, \quad (5.7)$$

где $W_0 = (2k + fd)/D_{\text{х.к}}$ – коэффициент, учитывающий суммарное сопротивление от трения качения по рельсу и от трения в подшипниках колеса с диаметром цапфы вала d .

Отметим, что W – сила условная, в действительности качению колеса сопротивляется момент $M_{\text{с}}$.

Сопротивление трения реборд ходовых колес о рельсы теоретически оценить трудно, так как на его значение влияет большое количество различных факторов (конструкция опор и вид поверхности контакта колеса и рельса, отношение пролета к базе, скорость движения, состояние подкранового пути, положение точки контакта реборды с рельсом и др.). Поэтому сопротивление реборд в общепринятой практике расчетов обозначают коэффициентом $k_{\text{р}}$, называемым коэффициентом трения реборд, но фактически учитывающим также дополнительные сопротивления, например трение торцов ступиц колес при их установке на подшипниках скольжения, трение от поперечного скольжения колес по рельсу, трение при движении токосъемников по питающим проводам и пр. Эти дополнительные сопротивления условно принимают пропорциональными сопротивлениям трения в опорах колеса и трения качения колеса по рельсу. Значение коэффициента $k_{\text{р}}$, установленного на основе обобщения результатов экспериментальных исследований, можно принять по рекомендации ВНИИПТМАШ (табл. 5.5). Момент сопротивления и силу сопротивления, действующие на ходовом колесе, с учетом коэффициента трения реборд можно определить по следующим выражениям:

$$\left. \begin{aligned} M_{\text{с}} &= (Q + G)(k + fd/2)k_{\text{р}} \\ W &= ((Q + G)/D_{\text{х.к}})(2k + fd)k_{\text{р}} \end{aligned} \right\} \quad (5.8)$$

или

$$W = (Q + G)W_0k_{\text{р}}. \quad (5.9)$$

Момент сопротивления, приведенный к валу двигателя, вычисляется как

$$M_{\text{СП}} = M_c / (U_M \eta_M) = (W D_{\text{х.к}}) / (2 U_M \eta_M), \quad (5.10)$$

где U_M и η_M – соответственно передаточное число и КПД передаточного механизма между валом двигателя и валом ходовых колес.

Таблица 5.5

Коэффициент трения реборд

Вид обода ходового колеса	Привод механизма	k_p
<i>Для кранового моста опорного типа</i>		
Конический	Центральный	1,2
	Раздельный	1,1
Цилиндрический с ребордами	Центральный	1,5
Цилиндрический безребордный с направляющими роликами	Раздельный или центральный	1,1
<i>Для крановой тележки</i>		
Цилиндрический с ребордами	Центральный с жестким токопроводом	2,5
	Центральный с кабельным токопроводом	2,0
<i>Для подвесных кранов</i>		
Конический одnoreбордный	Односторонний на подшипниках качения	2,5
	Односторонний на подшипниках скольжения	2,0
	Двусторонний на подшипниках качения	2,0
	Двусторонний на подшипниках скольжения	1,8

По значению $M_{\text{СП}}$ выбирают двигатель.

5.8. Проверка сцепления колес с рельсами и условие отсутствия пробуксовки

Надежность сцепления зависит от соотношения между силой сцепления и движущей силой. Так как сила сцепления имеет меньшее значение при отсутствии груза, то наибольшая опасность буксования возникает именно в этом случае. Следовательно, он и является расчетным.

Сила сцепления определяется из формулы

$$F = \Delta G \phi, \quad (5.11)$$

где ΔG – сцепной вес, Н, т.е. нагрузка на приводные колеса без груза; ϕ – коэффициент сцепления колеса с рельсом: для кранов, работающих на открытом воздухе $\phi = 0,12$; для кранов, работающих в закрытых помещениях $\phi = 0,2$; при работе на открытом воздухе с применением песочниц $\phi = 0,25$.

Для кранов мостового типа и крановых тележек сцепной вес ΔG с достаточной степенью точности вычисляется как

$$\Delta G = (G_{\text{кр}m})/n, \quad (5.12)$$

где $G_{\text{кр}}$ – общий вес крана без груза, Н; m – число приводных ходовых колес; n – общее число ходовых колес.

Чтобы не было пробуксовки ходовых колес по рельсу в период пуска, сила сцепления должна быть не меньше суммы сил сопротивления движению. Для периода пуска в эту сумму входят следующие величины:

1) сила сцепления

$$F = (G_{\text{кр}m})/n \phi > W_{\Sigma}, \quad (5.13)$$

где $W_{\Sigma} = W + F_{\text{ин}}$, причем W определяется при $Q = 0$ (кран движется порожняком);

$$W = (G_{\text{кр}}/D_{\text{х.к}}) (2k + fd) k_p; \quad (5.14)$$

2) сила инерции

$$F_{\text{ин}} = (G_{\text{кр}}/g) a, \quad (5.15)$$

где a – ускорение, определяемое из условия работы.

Пример

За время t , с, кран или тележка развивали скорость передвижения V , м/с, тогда $a = a_{\text{ср}} = V/t$, а условие надежной работы механизма передвижения с точки зрения отсутствия буксования будет вычисляться как

$$G_{\text{кр}}(m/n)\phi > (G_{\text{кр}}/D_{\text{х.к}})(2k + fd)k_p + (G_{\text{кр}}/g)(V/t). \quad (5.16)$$

Сократив на $G_{\text{кр}}$ и приняв $g = 10 \text{ м/с}^2$, окончательно получим

$$(m \phi)/n > (2k + fd) k_p / D_{\text{х.к}} + 0,1 V/t. \quad (5.17)$$

Таким образом, условие отсутствия пробуксовки будет зависеть от ϕ , f , k – триботехнических параметров, т. е. параметров, характеризующих трение; отношения m/n – параметра, характеризующего долю приводных колес механизма передвижения от общего числа колес; $D_{кх}$, d – параметров ходовых колес и подшипников валов колес, а также от V , t или a – кинематических параметров.

Что касается веса крана $G_{кр}$, то, на первый взгляд, от него условие пробуксовки не зависит, так как $G_{кр}$ (а в случае груженого крана $G_{кр} + Q$) в итоговую формулу не входит. Однако в действительности вес крана, т. е. вертикальная нагрузка на колесо, будет влиять на соблюдение неравенства (5.17), так как коэффициент трения качения k зависит от нагрузки и может быть определен для случая перекатывания колеса по рельсу с плоской головкой из зависимости

$$k = 1,2 \cdot 10^{-2} \sqrt{(F_{\Sigma} D) / (E_{пр} B)}, \quad (5.18)$$

где B – ширина рабочей поверхности рельса; D – диаметр колеса; F_{Σ} – суммарная радиальная нагрузка на колеса (в нашем случае $F_{\Sigma} = G_{кр}$); $E_{пр}$ – приведенный модуль упругости материала колеса.

$$1/E_{пр} = (E_{к} + E_{р}) / (2E_{к}E_{р}). \quad (5.19)$$

Здесь $E_{к}$ и $E_{р}$ – продольный модуль упругости материала соответственно колеса и рельса, для стального колеса и рельса

$$E_{пр} = E_{к} = E_{р} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}, \quad (5.20)$$

тогда

$$k = 2,710^{-7} \sqrt{F_{\Sigma} D / B}. \quad (5.21)$$

Для цилиндрического колеса и рельса с выпуклой головкой

$$k = \beta 10^{-7} \sqrt{FD / E_{пр}}, \quad (5.22)$$

где $\beta = 0,7 \dots 0,9$ – коэффициент, зависящий от отношения диаметра колеса к радиусу скругления головки рельса.

Коэффициент трения качения можно определить по графикам, представленным в различных справочниках.

Кроме того, коэффициент сцепления ϕ также не является постоянной величиной, он зависит от величины контактного давления, т. е. от F_{Σ} и

площади контакта. В итоге неравенство (5.17) превращается в сложную зависимость и сокращение на $G_{кр}$ носит условный характер.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите типы ходовых колес механизмов передвижения.
2. Укажите средства предотвращения схода колес с рельсов.
3. Назовите типы подкрановых и подтележечных рельсов.
4. Укажите способы крепления рельсов.
5. Назовите способы установки крановых колес.
6. Какие основные схемы механизмов передвижения существуют?
7. Изобразите схему механизма передвижения с ручным приводом.
8. Изобразите схему механизма передвижения с тихоходным трансмиссионным валом.
9. Изобразите схему механизма передвижения с быстроходным трансмиссионным валом.
10. Изобразите схему механизма передвижения с отдельным приводом.
11. Укажите достоинства и недостатки различных схем механизмов передвижения.
12. Изобразите схемы механизмов передвижения тележек. Какова роль зубчатой передачи с паразитными колесами?
13. Как определить нагрузки на ходовые колеса и как влияет грузоподъемность крана?
14. Какие сопротивления возникают при движении крана или тележки по рельсам?
15. Укажите особенности качения колеса по рельсу. Как оценить данный вид сопротивления?
16. Как определяются момент и сила сопротивления передвижению крана и тележки?
17. Как проверить условие сцепления колес с рельсами?
18. Укажите условие отсутствия пробуксовки колес.
19. Влияет ли вес крана на условие пробуксовки?

Глава 6. КРАНЫ СТРЕЛОВЫЕ

Стреловые краны – краны, у которых грузозахватный орган подвешен к стреле или к тележке, перемещающейся по стреле.

Основным грузонесущим элементом в данном случае является стрела.

6.1. Кран стреловой автомобильный

Автомобильные краны являются самоходными, оборудованными механизмом для перемещения крана до объекта производства работ. Основные механизмы и агрегаты стрелового крана на пневмоколесном шасси показаны на рис. 6.1.

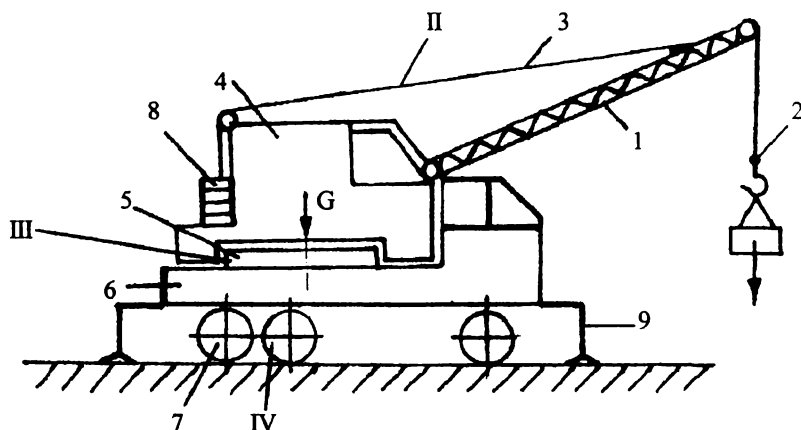


Рис. 6.1. Кран стреловой на пневмоколесном шасси:

механизмы: I – подъема; II – изменения вылета; III – поворота;
IV – передвижения; агрегаты: 1 – стрела; 2 – крюковая подвеска; 3 – оттяжка;
4 – кабина; 5 – поворотная платформа; 6 – шасси (основа); 7 – ходовая часть;
8 – противовес; 9 – дополнительные опоры (аутригеры)

Автокраны снабжаются консольной поворотной стрелой. Привод кранового оборудования – электрический, гидравлический или механический с отбором мощности двигателя механизма перемещения.

Для повышения устойчивости во время подъема груза на автомобильные краны и краны на пневмоколесном ходу устанавливают дополнительные внешние опоры (аутригеры). В кранах на гусеничном ходу выносные опоры не ис-

пользуют. Для повышения устойчивости отдельные типы гусеничных кранов снабжены раздвижным гусеничным ходом.

Основные механизмы и агрегаты стрелового крана на гусеничных тележках показаны на рис. 6.2.

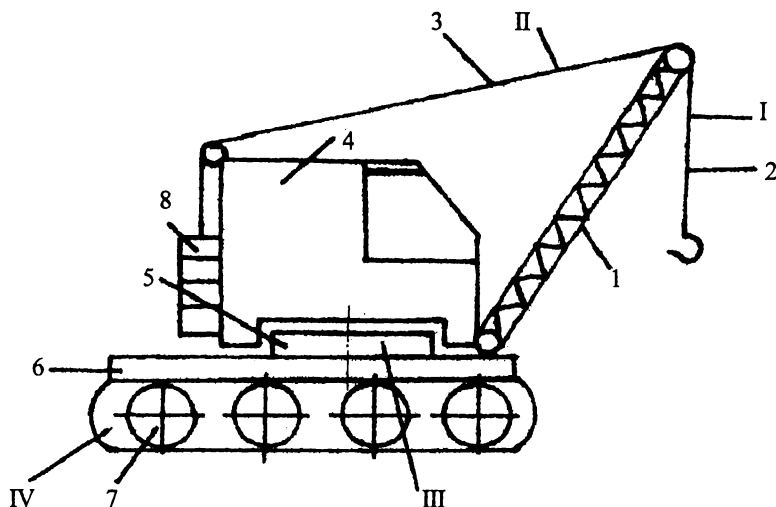


Рис. 6.2. Кран стреловой на гусеничном ходу:

механизмы: I – подъема; II – изменения вылета; III – поворота;
 IV – передвижения; *агрегаты:* 1 – стрела; 2 – крюковая подвеска;
 3 – оттяжка; 4 – кабина; 5 – поворотная платформа; 6 – шасси (основа);
 7 – ходовая часть; 8 – противовес

Гусеничные краны обладают повышенной устойчивостью, маневренностью и проходимостью, но меньшей скоростью передвижения собственным ходом.

6.2. Кран стреловой порталный

Для погрузки и выгрузки штучных и насыпных грузов в морских и речных портах с высоким грузооборотом применяют порталные краны (рис. 6.3). Краны этого типа имеют жесткий четырехстоечный (в других конструкциях трехстоечный) портал 1, перемещающийся по рельсовому пути 6, уложенному вдоль фронта работ (причальной стенки). На портале установлена поворотная часть крана со стрелой 2, противовесом и механизмами подъема и изменения вылета стрелы.

Механизм стрелы представляет собой шарнирный четырехзвенник, стороны которого подобраны таким образом, что при изменении вылета стрелы груз практически не меняет своего положения по вертикали. При этом мощность двигателя механизма изменения вылета стрелы расходуется на преодоление трения в шарнирах, на перекатывание канатов по блокам и на преодоление ветровых и инерционных нагрузок. Кроме того, мощность расходуется на преодоление (в некоторых положениях стрелы) неуравновешенного момента от веса стрелы.

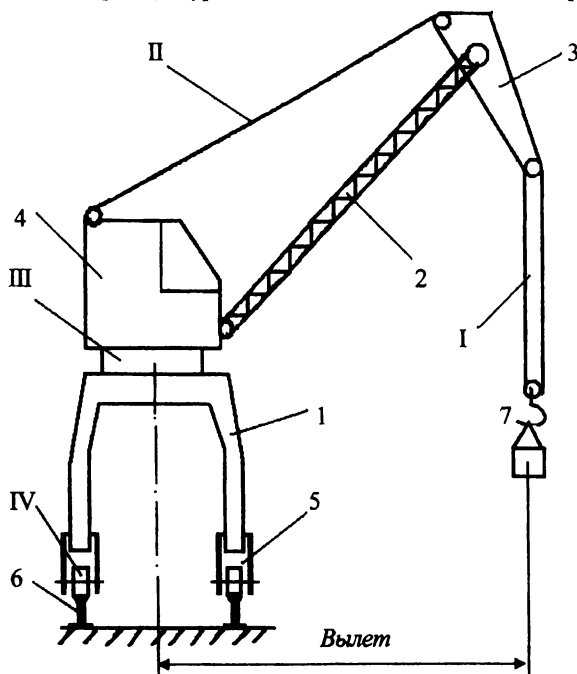


Рис. 6.3. Кран стреловой портальный:

механизмы: I – подъема; II – изменения вылета; III – поворота; IV – передвижения; *агрегаты:* 1 – портал; 2 – стрела; 3 – гусек (хобот); 4 – поворотная платформа с кабиной и аппаратурой управления; 5 – ходовая часть; 6 – рельсовый путь; 7 – крюковая подвеска

Кинематическая схема портального крана представлена на рис. 6.4.

Здесь платформа 2, стрела 3, гусек 4 и оттяжка 5 образуют механизм шарнирного четырехзвенника, за счет которого изменяется вылет.

В отличие от общей схемы, представленной на рис. 6.3, на кинематической схеме (см. рис. 6.4) отражен наклон стрелы, который осуществляется посредством гидроцилиндра 8. Стрела 3 уравнивается противовесом 6, установленным на рычаге, который шарнирно соединен рычагом 7 со стрелой.

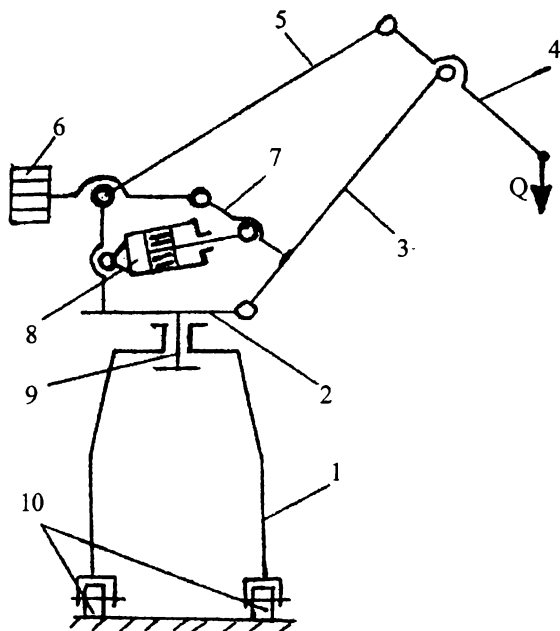


Рис. 6.4. Кинематическая схема портального крана:
1 – портал; 2 – платформа; 3 – стрела; 4 – гусек; 5 – оттяжка; 6 – противовес;
7 – рычаг; 8 – гидроцилиндр; 9 – поворотная стойка; 10 – ходовые колеса

Портал позволяет проезжать под краном грузовым вагонам, что экономит площади погрузочно-разгрузочных работ.

6.3. Кран стреловой башенный

При производстве строительных работ широко применяют башенные краны различного типа, передвигающиеся вдоль внешних стен строящегося здания. Вылет стрелы у таких кранов изменяют либо путем перемещения грузовой тележки по однорельсовому пути, прикрепленному к стреле крана, либо путем подъема стрелы в вертикальной плоскости.

Общая (агрегатная) схема башенного крана первого типа показана на рис. 6. 5.

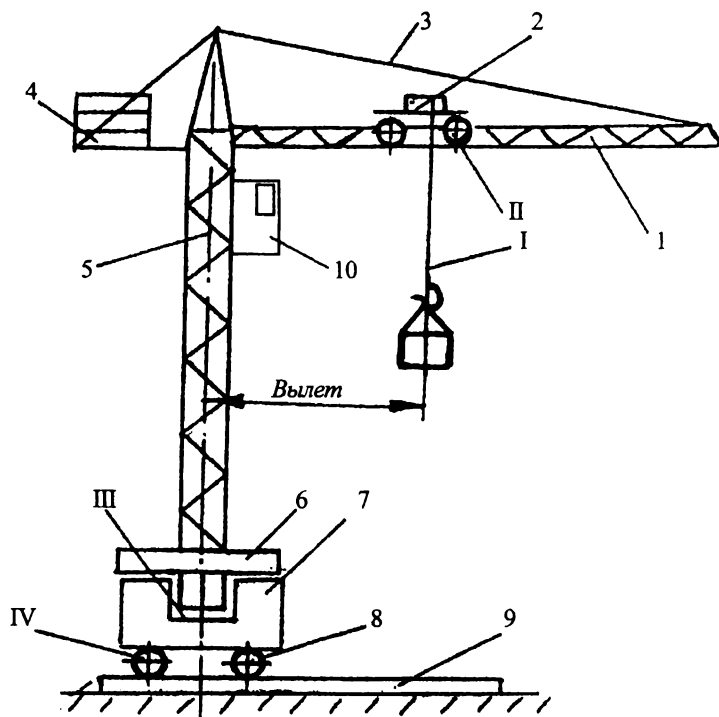


Рис. 6.5. Кран стреловой башенный с грузовой тележкой:
механизмы: I – подъема; II – передвижения тележки; III – поворота; IV – передвижения крана; *агрегаты:* 1 – стрела; 2 – грузовая тележка; 3 – оттяжка; 4 – противовес; 5 – башня; 6 – поворотная платформа; 7 – ходовая тележка; 8 – колеса; 9 – рельсовый путь; 10 – кабина

Так же как у мостовых кранов (см. гл.3), грузовая тележка здесь может быть опорной или подвесной. Помимо грузовой тележки 2, перемещающейся по стреле 1, особенностью крана является верхнее расположение противовеса 4.

Как автомобильный и порталный, башенный кран является полноповоротным, башня 5 поворачивается вместе с поворотной платформой 6, на которой расположены механизм поворота и привод механизма подъема. Механизм передвижения крана расположен на ходовой тележке 7.

Кран, у которого вылет изменяется путем наклона стрелы, показан на рис. 6.6.

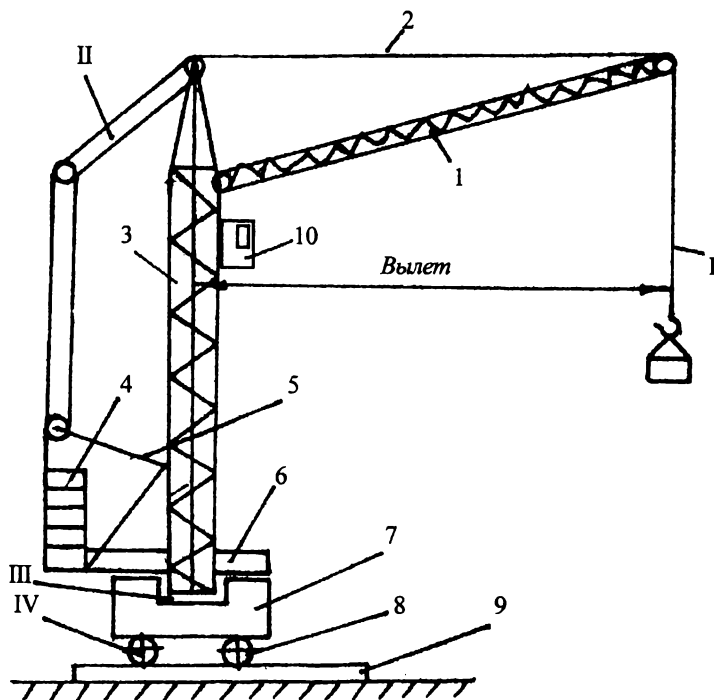


Рис. 6.6. Кран стреловой башенный с переменным вылетом стрелы:
механизмы: I – подъема; II –изменения вылета стрелы; III – поворота;
 IV – передвижения; *агрегаты:* 1 – стрела; 2 – оттяжка; 3 – башня; 4 – противовес;
 5 – рама установки блоков механизма изменения вылета; 6 – поворотная платформа;
 7 – ходовая тележка; 8 – ходовые колеса; 9 – рельсовый путь; 10 – кабина

Башенный кран может быть стационарным, когда башня установлена неподвижно. Такие краны используют на предприятиях, где грузопоток проходит постоянно в определенных местах.

В современных башенных кранах при строительстве зданий повышенной этажности башня крепится к зданию в нескольких местах, следовательно, не может поворачиваться. Механизм поворота стрелы расположен в верхней части башни под кабиной крановщика. Механизмы передвижения грузовой тележки и подъема груза располагаются на стреле со стороны противовеса.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем главное конструктивное отличие стреловых и мостовых кранов?
2. Какие типы стреловых кранов существуют?
3. Перечислите кинематические, геометрические и силовые параметры стреловых кранов.
4. Изобразите кинематическую схему стрелового автомобильного крана.
5. Изобразите кинематическую схему порталного крана.
6. Изобразите кинематические схемы башенного крана (2 варианта).
7. На примере конкретного крана определите его структуру (механизмы и агрегаты).
8. Какие нагрузки действуют на стрелу? Представьте их расчет.

Глава 7. МЕХАНИЗМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫЛЕТА СТРЕЛЫ

7.1. Нагрузки, действующие на стрелу

Изменение **вылета** стреловых и поворотных кранов проводят либо путем перемещения тележки по горизонтальному или наклонному поясу стрелы (см. рис. 6.5, 6.6), либо посредством изменения наклона стрелы крана в вертикальной плоскости. Механизмы первого типа аналогичны механизмам передвижения и описаны выше. Здесь рассмотрим только механизмы изменения вылета качанием стрелы. Эти механизмы могут иметь как гибкую, так и жесткую связь привода со стрелой. Механизмы с гибкой связью (с применением канатного полиспаста) применяют для кранов с неуравновешенной стрелой. В этом случае для изменения вылета к стреле необходимо приложить силу F_b (рис. 7.1).

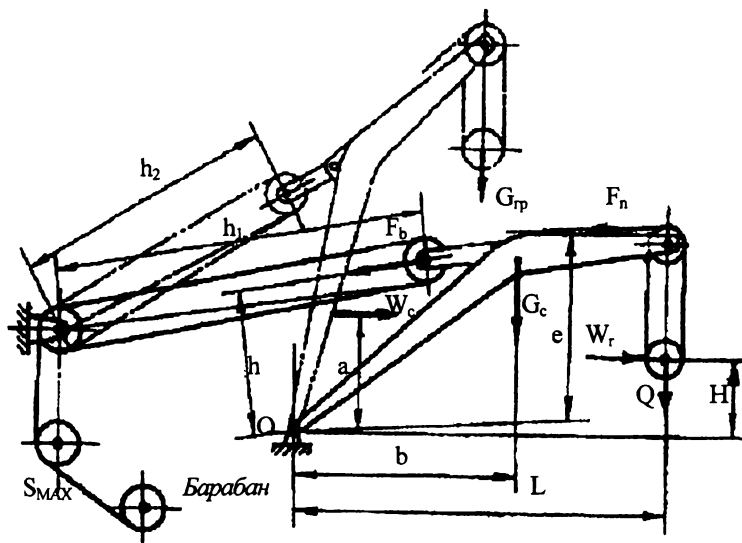


Рис. 7.1. Расчетная схема механизма вылета стрелы:

Q, G_r – вес груза; G_c – вес стрелы; F_b, S, F_b – натяжение канатов;
 W_r и W_c – ветровые нагрузки; L, H, b, h, e, a – плечи действия сил

Ее определяют из уравнения моментов сил, действующих на стрелу при вылете L , относительно точки O :

$$\Sigma M_O = QL + G_c b - F_b h - F_n e + W_r H + W_c a = 0, \quad (7.1)$$

где Q или $G_{\text{г}}$ – вес груза; G_c – вес стрелы; F_n – натяжение каната механизма подъема груза; W_r и W_c – ветровые нагрузки рабочего состояния, действующие на стрелу и крюковую подвеску; L, H, b, h, e, a – плечи действия сил (см. рис. 7.1).

Из уравнения 7.1 получим

$$F_b = (QL + G_cb - F_ne + W_rH + W_ca)/h. \quad (7.2)$$

F_b определяется для нескольких положений, и выбирается максимальное значение.

Увеличение плеч h и e относительно оси поворота стрелы приводит к уменьшению требуемой силы F . Для кранов, работающих с высокими скоростями, кроме действия указанных сил необходимо учитывать влияние центробежных сил груза и стрелы.

По конструкции механизмы изменения вылета с канатным полиспастом аналогичны механизмам подъема. Они имеют двигатель, редуктор, барабан, тормозное устройство. В зависимости от грузоподъемности и конструкции крана полиспаст изменения вылета может быть различной кратности. Максимальное натяжение каната на барабане соответствует максимальному вылету стрелы по аналогии с механизмом подъема:

$$S_{\text{max}} = F_{\text{max}}/a\eta_{\text{п}}\eta^t = F_{\text{max}}/a\eta_{\text{п}}, \quad (7.3)$$

где a – кратность полиспаста; $\eta_{\text{п}}$ – КПД полиспаста; η^t – КПД направляющего блока; t – число направляющих блоков механизма.

По силе F_b или силе натяжения каната S механизма изменения вылета, определенным для крайних и нескольких промежуточных положений стрелы, строят диаграмму загрузки привода и вычисляют S_{max} , по которой можно установить среднеквадратичный момент и требуемую по условиям нагрева мощность двигателя. С увеличением угла наклона стрелы к горизонтالي плечи действия вертикальных сил уменьшаются, а плечи горизонтальных сил и тяговые силы подъемного каната увеличиваются. Обычно натяжение каната механизма изменения вылета имеет максимальное значение в крайнем нижнем положении стрелы, постепенно уменьшаясь по мере ее подъема.

Наибольшая мощность, кВт, при установившемся движении, соответствующая максимальному вылету при силе S_{max} , H , вычисляется как

$$P_{\max} = (S_{\max} V_K) / \eta_{\Sigma}, \quad (7.4)$$

где η_{Σ} – суммарный КПД механизма.

Подъем стрелы вверх ограничивается концевым выключателем так, чтобы при максимальном угле наклона стрелы не могла опрокинуться назад под действием ветровой нагрузки, натяжения канатов механизма подъема и сил инерции. Опрокидывание стрелы может также произойти при обрыве груза, когда стрела получает импульс, равный потенциальной энергии сил упругости стрелы и каната под действием веса груза.

Схемы механизма изменения вылета с жесткой кинематической связью со стрелой приведены на рис. 7.2.

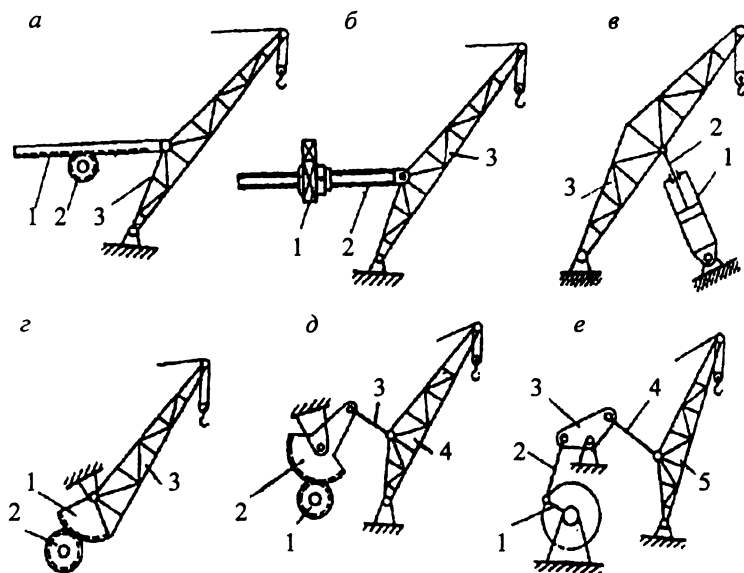


Рис. 7.2. Схемы механизмов изменения вылета стрелы с жесткой механической связью:

а – реечный; б – винтовой; в – гидравлический; г – секторный;
д – секторно-кривошипный; е – кривошипно-шатунный

Наиболее распространенным является *реечный механизм* (см. рис. 7.2, а), характеризующийся малой массой и простотой изготовления. Он состоит из зубчатой или цевочной рейки 1, перемещаемой приводной шестерней 2 в качающихся направляющих. Рейка шарнирно соединена со стрелой 3.

Винтовой механизм (см. рис. 7.2, б) состоит из приводной гайки 1 и винта 2, шарнирно соединенного со стрелой. Гайка 1 вместе с приводным механизмом и двигателем расположена на шарнирных опорах, что дает возможность гайке и винту поворачиваться относительно горизонтальной оси в процессе подъема стрелы. Масса винтового механизма примерно такая же, как и у реечного, но он сложнее и дороже в изготовлении и требует тщательного ухода за резьбовым соединением.

Гидравлический механизм (см. рис. 7.2, в) состоит из качающегося гидроцилиндра 1 и штока 2, поршень которого соединен со стрелой. Этот тип механизма получил широкое применение в самоходных кранах на автомобильном и пневмоколесном ходу. Он обеспечивает весьма плавную работу, но более сложен в изготовлении и эксплуатации.

Секторный механизм (см. рис. 7.2, г) имеет зубчатый сектор 1, находящийся в зацеплении с ведущей шестерней 2. Этот механизм обеспечивает постоянную угловую скорость качания стрелы 3. Однако эта конструкция тяжела и громоздка.

Секторно-кривошипный механизм (см. рис. 7.2, д) несколько проще и легче секторного.

Кривошипно-шатунный механизм (см. рис. 7.2, е) состоит из кривошипа 1 и шатуна 2, соединенного с коромыслом 3. Коромысло соединяется тягой 4 со стрелой. Этот механизм надежен и безопасен в работе, особенно если крайние положения стрелы соответствуют мертвым точкам кривошипного механизма – в этом случае исключается возможность падения или запрокидывания стрелы на кран. Это один из самых тяжелых механизмов.

Механизмы с жесткой кинематической связью со стрелой позволяют предотвратить самопроизвольное движение стрелы под действием горизонтальных сил – ветровой нагрузки, сил инерции, а также сил, возникающих при отклонении грузовых канатов от вертикали. При расчете данных механизмов, так же как и при расчете механизмов с гибкой связью, для крайних и нескольких промежуточных положений стрелы вычисляют силу, действующую на соединительное звено механизма (рейку, винт, шток гидравлического цилиндра и др.), по значению которой определяют необходимую мощность привода.

Примером механизма изменения вылета с гибкой кинематической связью является лебедка.

7.2. Уравновешивание стрелы

Для разгрузки привода момент $G_C l$ от веса стрелы уравновешивают моментом $G_{ГП} a$ от противовеса, располагаемого на стреле по другую сторону оси качания стрелы или же связанного со стрелой системой рычагов (рис. 7.3). При качании стрелы плечо l ее центра тяжести удаляется от оси качания, плечо a центра тяжести противовеса также увеличивается.

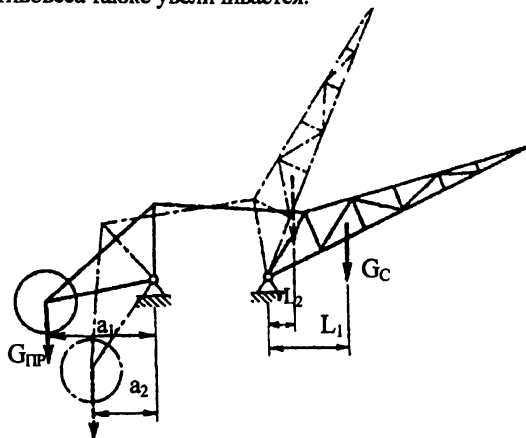


Рис. 7.3. Схема разгрузки привода противовесом:

$G_{ГП}$, G_C – вес противовеса и стрелы; a , L – расстояние от оси качения до центра тяжести

Так как качание простой стрелы приводит к подъему или опусканию груза, то в кранах для уменьшения необходимой мощности привода применяют также устройства, обеспечивающие перемещение груза при изменении вылета стрелы по траектории, близкой к горизонтали.

В этом случае мощность двигателя механизма расходуется главным образом на преодоление трения в шарнирах стрелы, перекачивания канатов по блокам и на преодоление ветровой и инерционной нагрузок. Такие стреловые устройства устанавливают на прямых стрелах и на стрелах с шарнирно сочлененными укосинами.

При прямых стрелах горизонтальное перемещение груза при изменении вылета обеспечивают уравнительными канатными устройствами, вызывающими перекачивание подъемного каната по блокам и соответствующее изменение длины подвеса груза, поэтому груз остается практически на одной и той же высоте

независимо от положения стрелы. Эти устройства выполняют в виде уравнительных полиспастов или уравнительных барабанов.

В системе с уравнительным полиспастом (рис. 7.4, а) подъемный канат 3 проходит через грузовой 1 и уравнительный 2 полиспасты. При качании стрелы благодаря системе полиспастов изменяется расстояние h между неподвижной обоймой А и обоймой В на головке стрелы соответственно изменяется длина H подвеса груза при неизменной общей длине L подъемного каната в обоих полиспастах: $L = a_y h + a_n H = \text{const}$, где a_y и a_n – кратности соответственно уравнительного и подъемного полиспастов.

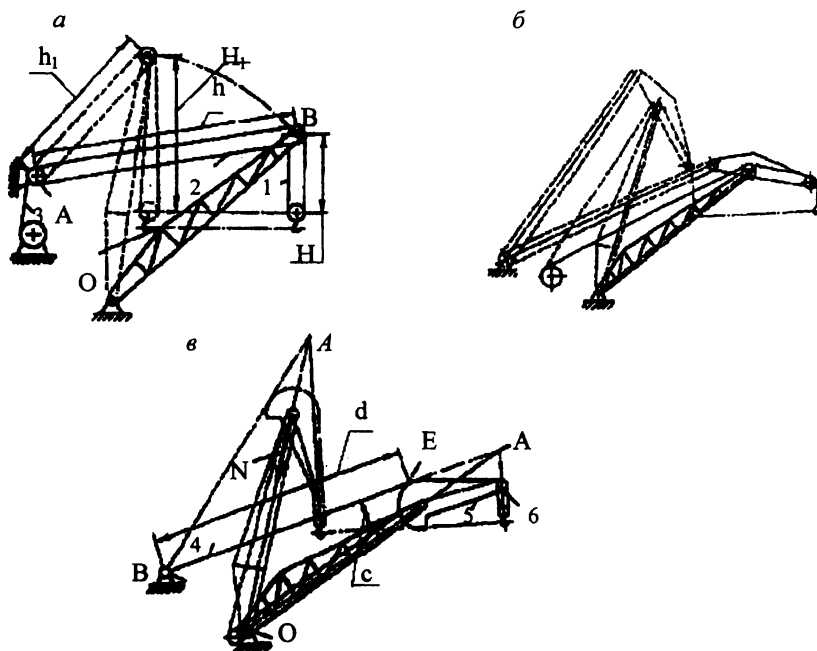


Рис. 7.4. Схемы уравнительных устройств:
а – с уравнительным полиспастом; б – с уравнительным барабаном;
в – с шарнирно сочлененными укосинами; 1, 2 – грузовой и уравнительный полиспасты;
3 – подъемный канат; 4 – натяжной канат; 5 – хобот; 6 – хоботок

При изменении вылета стрелы уменьшение длины каната в уравнительном полиспасте приводит к увеличению длины каната в подъемном полиспасте:

$$(h - h_1) a_y = (H_1 - H) a_n.$$

Выбирая место расположения обоймы А относительно оси О поворота стрелы и соотношение кратностей полиспастов, можно обеспечить практически горизонтальное перемещение груза при изменении вылета стрелы. Такая система проста в изготовлении и удобна в монтаже. Недостатками ее являются большая длина подъемного каната и повышенный его износ от перекатывания по блокам при изменении вылета.

В *системе с уравнительным барабаном* (рис. 7.4, б) барабан механизма подъема, связанный через планетарную передачу с механизмом изменения вылета, получает дополнительное вращение при качании стрелы, увеличивая или уменьшая длину подвеса груза. Эта система более сложна в конструктивном отношении, но обеспечивает точное горизонтальное перемещение груза.

В *системах с шарнирно сочлененными укосинами* (рис. 7.4, в) стрела на своем верхнем конце имеет консольный хобот прямолинейной или профилированной формы. При *прямолинейном хоботе* (см. рис. 7.4, б) система представляет собой шарнирный четырехзвенник с неизменными сторонами, у которого продленный конец одной стороны (хобота) описывает при качании стрелы сложную кривую (лемнискату), имеющую отдельные участки, близкие к горизонтальным прямым.

Размеры элементов укосины выбирают из условия обеспечения достаточно пологой траектории движения конца хобота. Для этого определяют длины стрелы и консоли хобота такими, чтобы при максимальном и минимальном вылетах конец хобота находился на одной и той же высоте.

Если подъемный канат направлен параллельно стреле или оттяжке, то траектория движения груза при изменении вылета является горизонтальным участком лемнискаты. Если канат проходит между стрелой и оттяжкой, то для траектории движения хобота выбирают наклонный участок лемнискаты, а горизонтальное движение груза достигается за счет перекатывания канатов по блокам.

При *профилированном хоботе* (см. рис. 7.4, в) с гибкой оттяжкой канат 4, огибающий криволинейную часть хобота 5, закреплен одним концом на хоботе. Кинематически эта система представляет собой также шарнирный четырехзвенник с переменной длиной стороны с и оттяжки d.

При повороте хобота канат 4 перекачивается по его криволинейной части, что приводит к смещению точки касания Е. Подъемный канат 6, направленный параллельно оси стрелы, при качании стрелы не перемещается по блокам. При соответствующем профиле криволинейного участка хобота конец хобота и груз

перемещаются горизонтально. Необходимо, чтобы при всех положениях укосины направления действия веса груза, приложенного к концу хобота, и силы натяжения оттяжки пересекались в точке A' , на оси стрелы. Тогда стрела будет находиться в равновесии, так как равнодействующая N проходит через опорный шарнир O стрелы. Профиль хобота удобно строить графически из условия равновесия стрелы. Профилированный хобот сложен и дорог в изготовлении, но обеспечивает точное горизонтальное передвижение груза и разгружает стрелу от изгиба неуравновешенным моментом.

Все механизмы изменения вылета, как и механизмы подъема, имеют тормоза нормально закрытого типа, автоматически размыкающиеся при включении привода. Применение в механизмах изменения вылета управляемых тормозов нормально открытого типа и постоянно замкнутых тормозов не допускается. Коэффициент запаса торможения должен быть не менее 1,5. При этом момент на тормозном валу, создаваемый весом стрелы, противовесом, наибольшим рабочим грузом и ветровой нагрузкой рабочего состояния, определяют в таком положении стрелы, при котором этот момент имеет максимальное значение.

Тормоз в нерабочем состоянии должен быть проверен на удержание в любом положении ненагруженной стрелы от ветровой нагрузки с запасом торможения $n_{т1} \geq 1,15$. Кроме того, время торможения механизма не должно превышать 4–5 с при действии максимального момента M_{\max} . При отсутствии груза и ветра на невращающемся кране оно не должно превышать 1,5 с. Однако нужно учитывать, что слишком резкое торможение приводит к появлению высоких динамических нагрузок и возникновению колебаний, снижающих сопротивление усталости элементов механизма и металлоконструкции.

При возникновении опасности больших ветровых нагрузок рекомендуется применять двухступенчатое торможение с выдержкой между ступенями для нарастания тормозного момента и с тем, чтобы устранить излишне резкое торможение при отсутствии ветра. Для снижения динамических нагрузок допускается установка двух тормозов, замыкаемых автоматически, с запасом торможения не менее 1,1 для одного тормоза и не менее 1,25 – для другого.

Механизмы изменения вылета стрелы грузоподъемных машин, транспортирующих расплавленные и раскаленные металлы, ядовитые, взрывчатые и другие вещества, имеют по два тормоза. Коэффициенты запаса торможения для каждого тормоза, согласно правилам Ростехнадзора, имеют те же значения, что и для механизма подъема.

В передвижных стреловых кранах на автомобильном или гусеничном ходу изменение вылета с помощью качания стрелы в вертикальной плоскости осуществляется с помощью шарнирно сочлененных стрел.

На рис. 7.5 представлена шарнирная двухзвенная стрела автокрана 4901. Зона работы двухзвенных стрел наиболее полно удовлетворяет требованиям эксплуатации. Стрела крана 4901 состоит из кронштейна 1, расположенного на колонне крана, установленной на шасси автомобиля. На кронштейне шарнирно укреплено нижнее звено стрелы 3 с гидроцилиндром 2 подъема стрелы. На конце нижнего звена шарнирно закреплено верхнее звено 5 с гидроцилиндром 4 складывания верхнего звена.

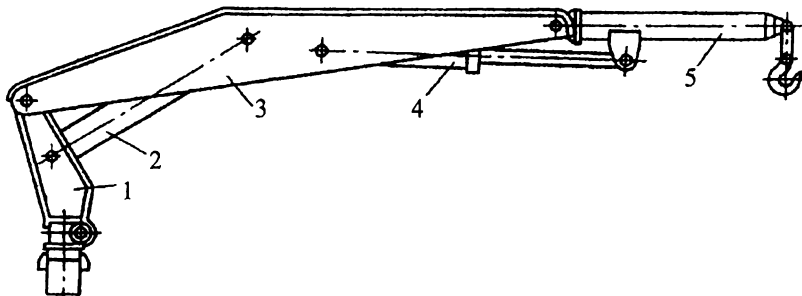


Рис. 7.5 Шарнирная двухзвенная стрела:

- 1 – кронштейн; 2 – гидроцилиндр подъема стрелы; 3 – нижнее звено стрелы;
4 – гидроцилиндр верхнего звена; 5 – верхнее звено стрелы

Все большее применение получают телескопические стрелы, состоящие из основной и подвижных секций, количество которых на кранах большой грузоподъемности достигает четырех. При выдвигении секции увеличивается длина стрелы, а значит, и высота подъема груза. В настоящее время созданы краны с телескопической стрелой грузоподъемностью 200 т. Телескопические стрелы обычно выполняют в виде блочных конструкций коробчатой формы.

На рис. 7.6 показано верхнее звено стрелы автокрана 4903, представляющее собой телескопическую балку с разгруженным поршневым гидроцилиндром 2. Телескопическая балка состоит из наружной балки 5, средней балки 3, перемещающейся с помощью гидроцилиндра 2, и внутренней балки 4, перемещаемой и фиксируемой в пяти положениях с помощью специальной рукоятки 6. В процессе работы средняя балка 3 перемещается совместно с подвешенным на крюке грузом. Для уменьшения силы, затрачиваемой на перемещение балок, предусмотрены два катка – передний 7, установленный на наружной балке 5, и

задний 1, установленный на балке 3. Все балки закрытого профиля выполнены сваркой из листового проката.

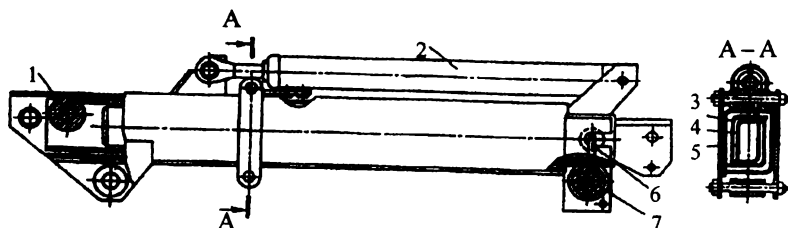


Рис. 7.6. Верхнее звено телескопической стрелы:

1 – задний каток; 2 – гидроцилиндр; 3 – средняя балка стрелы; 4 – внутренняя балка стрелы; 5 – наружная балка стрелы; 6 – рукоятка; 7 – передний каток

Преимуществом телескопических стрел является возможность быстро подготовить кран к работе с длинной стрелой. Перемещение подвижных секций с грузом на крюке позволяет производить строительные и монтажные работы в помещениях ограниченного объема. Для выдвигания секций наибольшее применение находят длинноходовые гидроцилиндры двухстороннего действия. Обычно для перемещения каждой секции используют соответствующий гидроцилиндр, причем имеются механизмы, обеспечивающие независимое перемещение секций в любой последовательности, а также одновременное выдвигание всех секций. Кроме гидравлических механизмов применяют канатные и цепные механизмы, однако в процессе работы в канате возникают остаточные деформации, для компенсации которых необходимы специальные натяжные устройства, поэтому канатные механизмы не получили широкого применения.

7.3. Понятие грузовысотной характеристики

Грузоподъемность крана зависит от вылета, изменяющегося путем подъема стрелы или перемещением грузовой тележки вдоль стрелы. Грузовысотная характеристика строится из условия постоянства грузового момента:

$$M_{гр} = Q L = \text{const},$$

где Q – вес груза; L – плечо действия силы Q .

График зависимости грузоподъемности Q от вылета стрелы L и высоты подъема стрелы H приведен на рис. 7.7 и называется грузовысотной характеристикой.

Грузовысотная характеристика имеется в паспорте стрелового крана. Благодаря этой характеристике крановщик знает, что при данной длине стрелы и величине вылета, например 9 м (см. рис. 7.7), он может работать с грузом не более 1 т, а при величине вылета 3 м – не более 4 т и т.д.

Кроме того, грузовысотная характеристика вывешивается в кабине управления так, чтобы машинист крана мог ее видеть с рабочего места.

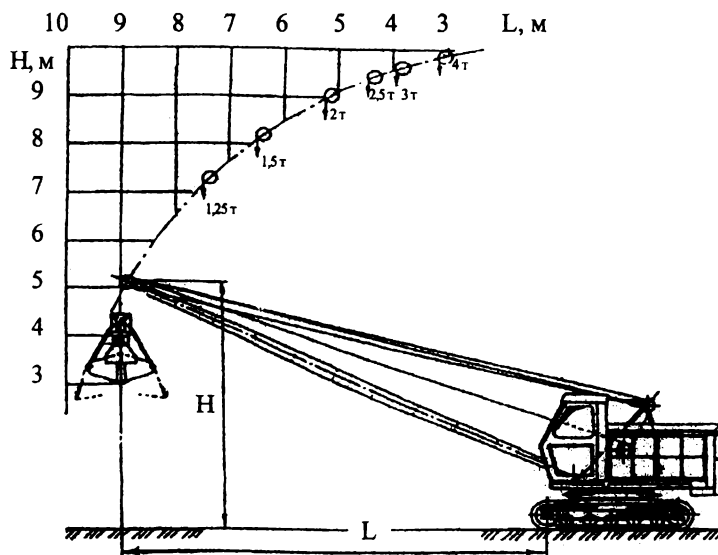


Рис. 7.7. Грузовысотная характеристика стрелового крана:

H – высота подъема стрелы; L – вылет стрелы

Указатель грузоподъемности в зависимости от вылета может входить в состав электронного ограничителя грузоподъемности.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите разновидности механизмов изменения вылета, их достоинства и недостатки.

2. Для крана, изображенного на рисунке, предложенном преподавателем, определите тип механизма изменения вылета.
3. Перечислите основные типы стрел.
4. В чем заключается уравнивание стрелы?
5. Что представляет собой шарнирная двухзвенная стрела автокрана?
6. Что такое «грузовысотная характеристика»? Каково ее назначение?
7. По грузовой характеристике определите, может ли кран поднимать указанный груз?

Глава 8. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ И ТЯГОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Вспомогательными устройствами грузоподъемных машин являются *грузозахватные и тяговые устройства*. К их основным элементам относятся канаты, цепи, крюковые подвески, барабаны и др.

Грузозахватные приспособления должны быть удобными и безопасными в работе, обеспечивать сохранность груза, иметь минимальную собственную массу, быстро захватывать и освобождать груз.

Выбор грузозахватных приспособлений определяется свойствами, размерами, формой и массой перемещаемых грузов, а также характером производственного процесса.

Наиболее широко применяемыми универсальными грузозахватными приспособлениями являются грузовые крюки и петли (рис.8.1).

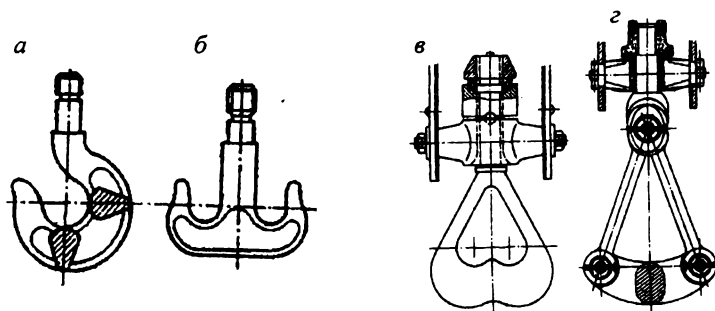


Рис. 8.1. Грузовые крюки и петли:

a, б – крюки однорогий и двурогий; *в, з* – петли цельнокованая и составная

Размеры крюков стандартизованы: для механизмов с ручным и машинным приводом – однорогие крюки по ГОСТ 6627 – 74, для механизмов с машинным приводом – двурогие по ГОСТ 6628 – 73. Форма крюков выбрана такой, чтобы обеспечить их минимальные размеры и массу при достаточной прочности во всех сечениях. Грузовые петли бывают цельнокованные и составные. Поскольку форма и размер петель не стандартизованы, их необходимо рассчитывать на прочность. Петли имеют меньшие размеры и массу, чем крюки, рассчитанные на ту же грузоподъемность, но в эксплуатации менее удобны.

На рис. 8.2 и 8.3 изображены схемы типичных грузозахватных приспособлений.

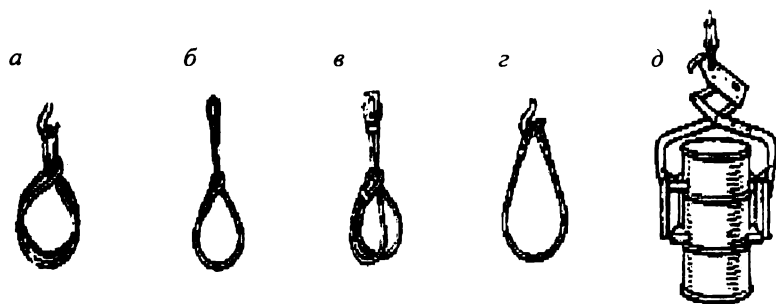
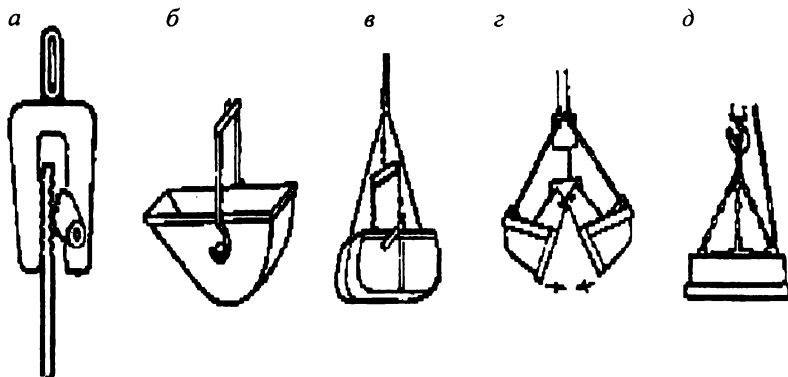


Рис. 8.2. Грузозахватные приспособления:
а, б, в, г – чалочные захваты; д – клещевой захват

Наиболее просты по устройству чалочные захваты, представляющие собой отрезки канатов или сварных цепей, концы которых сращивают или снабжают коушами (специальное металлическое кольцо), крючьями или скобами.



8.3. Грузозахватные приспособления:
а – эксцентриковый захват; б – бадня; в – кубель; г – грейфер;
д – магнитный захват

Быстродействующие клещевые (см. рис. 8.2) и эксцентриковые (см. рис. 8.3) захваты предназначены для транспортировки ящиков, бочек, мешков, листового проката и пр. Захват и перемещение сыпучих грузов производят с помощью различных емкостей: бадей, кубелей, грейферов, а

жидких — при помощи бадей, ковшей и др. Для автоматического захвата изделий из черных металлов используют грузовые электромагниты.

В качестве гибкого тягового органа наиболее часто используются канаты. *Канат* – гибкое изделие, изготовленное из стальной проволоки, нитей, пряжи (каболки) из волокон растительного, синтетического или минерального происхождения. В технике применяют канаты, различающиеся по способу их изготовления, силовым характеристикам и по конструкции.

Стальные проволочные канаты свивают из стальных или оцинкованных проволок марок В, I или II по ГОСТ 7372–79 диаметром от 0,2 до 3,0 мм. За счет упрочнения в процессе многократного волочения проволока имеет предел прочности $\sigma_B \geq 2600$ МПа.

В конструктивном плане различают:

- закрытые канаты, которые используют в качестве несущих для канатных дорог и кабельных кранов;
- открытые канаты, применяемые в гибких производственных модулях.

Канаты характеризуются рядом параметров, в частности диаметром каната d_k , количеством прядей, диаметром проволок d_1 и расположением проволок в прядях, разрывным усилием $S_{\text{РАЗР}}$, пределом прочности отдельных проволок σ_B . Перечисленные параметры регламентированы стандартами.

Важная особенность канатов состоит в том, что они в процессе эксплуатации не рвутся внезапно. Сначала происходят разрывы отдельных проволок, которые можно своевременно отслеживать. Это положительное эксплуатационное свойство канатов по сравнению с другими тяговыми органами (в частности, цепями) предопределило их широкое применение в грузоподъемных механизмах.

Канаты различают по следующим основным признакам:

1) *по кратности свивки:*

- одинарные (проволоки свиваются сразу в канат);
- двойные (проволоки свиваются сначала в пряди, а потом в канат);
- тройные (проволоки свиваются в пряди, пряди – в канатики, а канатики – в канат);

2) *направлению свивки* (канаты левой и правой свивки);

3) *сочетанию направлений свивки* проволок в прядях и прядей в канатах:

- односторонняя свивка (проволоки и пряди свиваются в одном направлении);

- крестовая свивка (проволоки в прядях свиваются в одном направлении, а пряди в канате – в другом);

- комбинированная свивка (проволоки в прядях имеют разное направление свивки);

4) *материалу сердечника:*

- органический;
- синтетический;
- металлический;

5) *по касанию проволок в канате:*

- точечное касание (ТК);
- линейное касание (ЛК);
- точечно-линейное касание (ТЛК).

Канаты с линейным касанием проволок имеют срок службы, в полтора-два раза больший по сравнению с канатами точечного касания в аналогичных условиях работы. Линейное касание проволок обеспечивается усложнением конструкции каната: пряди свиваются из проволоки разного диаметра, причем расположение проволок в слоях навивки и их размеры определяются на основе теоретических расчетов.

Важным для эксплуатации свойством является способность каната сопротивляться раскручиванию. Под нагрузкой канаты односторонней свивки раскручиваются и могут применяться только в тех случаях, когда концы их закреплены, например в качестве растяжки. В отличие от них канаты крестовой свивки не раскручиваются.

Проволоки канатов под нагрузкой испытывают сложное напряженное состояние, включающее деформации растяжения, сжатия, изгиба и кручения. Точный расчет прочности каната представляет значительные трудности. На практике канаты на прочность не рассчитывают, а выбирают в соответствии с требованиями международного стандарта ИСО 4308 из сортамента по соотношению

$$S_{\text{РАЗ}} \geq Z_p S_{\text{МАХ}}, \quad (8.1)$$

где $S_{\text{МАХ}}$ – наибольшее натяжение каната с учетом к.п.д. блоков и полиспаста, но без учета динамических нагрузок; Z_p – коэффициент использова-

ния каната (запаса прочности); его принимают в зависимости от назначения каната и режима работы механизма (табл. 8.1) [12].

Таблица 8.1

Минимальный коэффициент использования канатов Z_p

Группа классификации режима работы механизма		Подвижные канаты	Неподвижные канаты
по ИСО 4301/1	по ГОСТ 23835–83	Z_p	
M1	M1	3,15	2,5
M2		3,35	
M3		3,55	
M4	M2	4,0	3,5
M5	M3	4,5	4,0
M6	M4	5,6	4,5
M7	M5	7,1	5,0
M8	M6	9,0	

Помимо канатов, в ГПМ применяют цепи, которые представляют собой шарнирные изделия, состоящие из последовательно соединенных между собой одинаковых взаимно подвижных звеньев. Цепи подразделяются на сварные и пластинчатые.

Сварные цепи (ГОСТ 2319–81) по точности изготовления подразделяются на калиброванные и некалиброванные. Последние работают только на гладких барабанах. Первые имеют более жесткие допуски по шагу и ширине звена, что позволяет использовать их для работы со звездочками и барабанами, имеющими гнезда для лучшего контакта со звеньями цепи.

Как тяговые органы сварные цепи применяются при небольших скоростях (на барабане не более 1 м/с, на звездочке не более 0,1 м/с). В качестве материала используют стали Ст.2, Ст.3, Ст.10, характеризуемые пределом прочности $\sigma_B \geq 450$ МПа.

Пластинчатые цепи (ГОСТ 191–82) изготавливают из стали 40, 45 и 50 с пределом прочности $\sigma_B \geq 600$ МПа; в сравнении со сварными они более гибкие и надежные в работе. Существенным недостатком их является невозможность нагружения усилием, действующим под углом к плоскости вращения звеньев цепи. Кроме того, шарниры цепи плохо работают в пыльной среде. Из-за повышенной чувствительности к дина-

мическим нагрузкам их применяют при скоростях движения до 0,25 м/с.

Цепи обладают такими *преимуществами* по сравнению с канатами, как более высокая гибкость, простота изготовления, технологичность использования.

К *недостаткам* использования следует отнести возможность внезапных обрывов, большие габариты и вес.

Расчет тяговых цепей производится аналогично расчету канатов:

$$S_{\text{РАЗР}} \geq Z_p S_{\text{МАХ}}, \quad (8.2)$$

где $S_{\text{МАХ}}$ – максимальное усилие натяжения цепи, Z_p – наименьший допускаемый коэффициент запаса прочности (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Минимальные значения коэффициента запаса прочности цепей Z_p

Характеристики цепи	Группа классификации режима работы механизмов	
	M1, M2	M3–M6
Сварная грузовая некалиброванная	3	6
Сварная грузовая калиброванная		8
Сварная для стропов	5	5
Пластинчатая	3	

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основные требования, предъявляемые к грузозахватным приспособлениям.
2. Какие грузозахватные устройства являются универсальными?
3. Укажите, в чем преимущества и недостатки грузовых петель.
4. Изобразите схемы типичных грузозахватных приспособлений.
5. Какими параметрами характеризуются канаты? Укажите их достоинства и недостатки.
6. Какие нагрузки испытывают канаты и как их выбирают?
7. Какие цепи применяются в виде тяговых элементов? Укажите их достоинства и недостатки.
8. Как производится расчет цепей?

Глава 9. НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА КРАНОВ

9.1. Кран как трехмассовая система

На грузозахватные устройства кранов действуют технологическая нагрузка, т.е. нагрузка от веса поднимаемого груза Q , нагрузка весовая (от веса самого грузозахватного устройства), а также нагрузки от ветра, снега и гололеда. Нагрузки от ветра снега и гололеда в большей степени учитываются при расчетах башенных кранов, в меньшей – козловых и автомобильных кранов. Для мостовых кранов, работающих в закрытых помещениях, основной является технологическая нагрузка. Ее и будем рассматривать, при этом необходимо выделять *статическую* и *динамическую* технологическую нагрузку.

Когда грузозахватное устройство, удерживающее груз, неподвижно или перемещается с постоянной скоростью по прямолинейному пути, на него действует статическая нагрузка – собственный вес q и вес груза Q . При перемещении грузозахватного устройства с переменной скоростью и вращении его кроме статической действует и динамическая нагрузка.

В общем виде кран с грузом на крюке представляет собой *трехмассовую систему* (рис. 9.1).

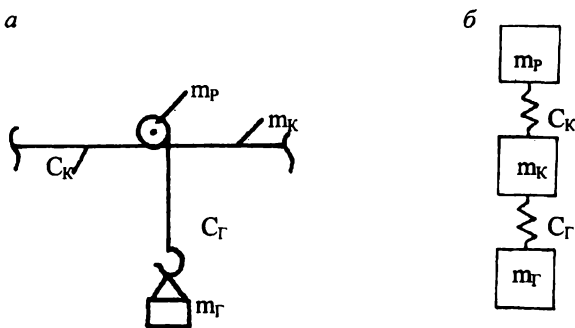


Рис. 9.1. Расчетная схема мостового крана с грузом:
а – схема нагружения; б – расчетная схема трехмассовой системы

В данном случае m_r – масса груза, m_p – масса крана, m_k – масса вращающихся частей привода с двумя упругими связями, одной из которых является жесткость конструкции самого крана C_k , а второй – жесткость канатов, на которых подвешен грузозахватный орган C_r .

Жесткость C – свойство тела, детали или конструкции сопротивляться изменению формы под действием приложенных сил.

Пример

Рассчитать жесткость моста. Прогиб δ пропорционален F , т.е. приложенной силе, или $\delta = \lambda F$, где λ – коэффициент пропорциональности или податливость. Можно записать и таким образом: $\delta = F/C_K$, где C_K – жесткость конструкции; $C = 1/\lambda$, т.е. чем больше податливость, тем меньше жесткость (рис. 9.2).

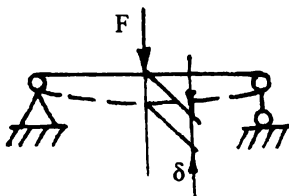


Рис. 9.2. Расчетная схема моста:

F – сила, действующая на середину моста; δ – стрела прогиба

Динамические нагрузки испытывают следующие механизмы кранов: механизм подъема (для всех кранов), механизм передвижения (для всех кранов, кроме стационарных консольных), механизм поворота (для автомобильных, башенных и консольно-поворотных кранов).

9.2. Динамическая нагрузка при подъеме груза

Основная динамическая нагрузка на грузозахватное устройство возникает в процессе подъема груза, причем возможны два варианта подъема: «с веса» и «с подхватом».

При первом варианте предполагается, что груз уже приподнят и статическая нагрузка, действующая на грузозахватное устройство, равна весу груза Q_T . Динамическая нагрузка возникает в начальный момент подъема груза. Нагрузка на грузозахватное устройство $P_{ГЗ}$ складывается из статической нагрузки Q_T и динамической нагрузки $P_{дин}$, являющейся функцией избыточной движущей силы $P_{изб}$, которая зависит от характера ее развития во времени t и жесткости опорной конструкции C_K , т.е. $P_{дин} = f(t, C_K)$. Следовательно,

$$P_{ГЗ} = Q_T + P_{дин} \geq Q_T; \quad (9.1)$$

а динамический коэффициент

$$K_d = P_{ГЗ}/Q_{Г} = 1 + P_{дин}/Q_{Г}. \quad (9.2)$$

При втором варианте нагружения предполагается, что груз лежит на каком-либо основании, канаты провисают и, следовательно, в этот момент нагрузка на грузозахватное устройство равна нулю. Динамическая нагрузка возникает в период, когда к подъемному канату, движущемуся с номинальной скоростью V , мгновенно прикладывается нагрузка от веса груза. Нагрузка на грузозахватное устройство $P_{ГЗ}$ будет также складываться из статической нагрузки $Q_{Г}$ и динамической нагрузки $P_{дин}$, в этом случае являющейся функцией скорости каната и жесткости C_K опорной конструкции, т.е. $P_{дин} = f(V, C_K)$. Следовательно, формулы (9.1) и (9.2) применимы для второго варианта так же, как и для первого.

Динамическую нагруженность грузозахватного устройства целесообразно рассматривать при ряде допущений, упрощающих расчеты и мало влияющих на точность получаемых результатов.

Первый вариант нагружения грузозахватного устройства – подъем груза «с веса». Так как динамическая деформация конструкции крана мало отличается от статической, данную систему можно свести к двухмассовой, не учитывая массу крана и заменив жесткость канатов с грузом $C_{Г}$ и конструкции крана C_K приведенной жесткостью C (рис. 9.3, а, б):

$$C = (C_K C_{Г}) / (C_K + C_{Г}). \quad (9.3)$$

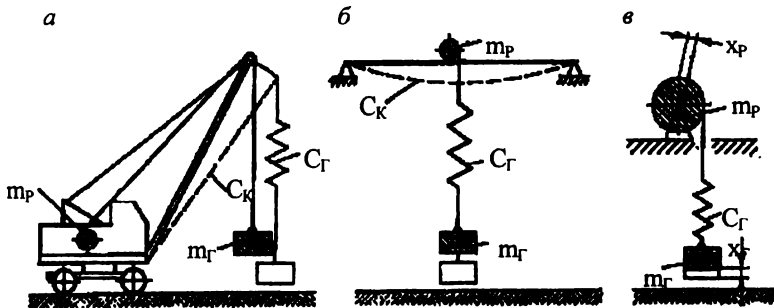


Рис. 9.3. Схема динамического нагружения грузозахватного устройства «с веса»: а – на стреловом кране; б – на мостовом кране; в – расчетная схема

Упрощенно систему можно представить состоящей из двух масс: m_p (масса ротора двигателя и приведенных к нему масс элементов механизма подъема)

и m_T (массы груза), связанных между собой упругим элементом с приведенной жесткостью C (рис. 9.3, в).

Уравнения движения имеют следующий вид:

$$m_T \ddot{x}_T + C(x_T - x_G) = Q_T + P_{\text{изб}}, \quad (9.4)$$

$$m_G \ddot{x}_G - C(x_T - x_G) = -Q_G, \quad (9.5)$$

где x_T и x_G – упругие перемещения ротора и груза соответственно (см. рис. 9.3, в); $P_{\text{изб}}$ – некоторая избыточная сила, действующая со стороны двигателя:

$$P_{\text{изб}} = \varphi Q_G, \quad (9.6)$$

где φ – коэффициент пропорциональности; $\varphi > 1$.

Опустим решение дифференциальных уравнений. В результате коэффициент динамичности

$$K_d = P_{T3}/Q_T = 1 + 2 \varphi m_T/(m_T + m_T). \quad (9.7)$$

Последний характеризует динамичность нагружения грузозахватного устройства при условии, что подъем начинается в момент, когда на канаты действует вес груза Q_G .

При определении динамического нагружения массы m_T и m_T распределяют по ободу барабана, причем массу m_T определяют с учетом кратности полиспаста: $m_T = m_Q / i^2$, где m_Q – грузоподъемность крана.

При торможении опускающегося груза величину $P_{\text{дин}}$ и коэффициент динамичности K_d определяют по тем же формулам, но под $P_{\text{изб}}$ понимают разность между тормозным усилием, приведенным к грузу, и весом груза.

Так как момент, создаваемый тормозом, обычно меньше максимального момента, создаваемого двигателем, динамическое усилие при торможении опускающегося груза не превышает динамического усилия при подъеме груза «с веса».

Второй вариант нагружения грузозахватного устройства – подъем груза «с подхватом». В этом случае, как показывают эксперименты, можно пренебречь жесткостью одного из элементов (например канатов), поскольку упругость (податливость) металлоконструкций выше, чем упругость канатов (колебания последних быстро затухают), и учитывать упругость конструкции крана, т.е. рассматривать массы крана m_K и груза m_T как одну массу m_{KT} (рис. 9.4).

При принятом допущении можно считать, что подъем груза происходит следующим образом.

На первом этапе, после включения двигателя, происходит выбор слабину каната; на втором этапе – упругая деформация всех элементов конструкции (см. рис. 9.4, а, б); этот этап продолжается до тех пор, пока усилие P_0 на грузозахватном устройстве, возрастая от нуля, не станет равным $Q_T = m_T g$. Лишь после этого на третьем этапе начнется подъем груза.

Уравнение движения имеет вид:

$$m_K X_K'' + C x_K = P. \quad (9.8)$$

Его решение:

$$x_K = u_{CT} + (V/p) \sin(pt), \quad (9.9)$$

где u_{CT} – прогиб конструкции от статической нагрузки; V – установившаяся скорость подъема груза; $p = (C / (m_K + m_T))^{1/2}$ – круговая частота свободных колебаний; t – текущее время.

Коэффициент динамичности

$$K_d = 1 + (V/g) p = 1 + V \sqrt{(1/(gy_{CT})) \cdot (m_T / (m_K + m_T))}. \quad (9.10)$$

Данная формула достаточно проста для практического использования и в должной мере достоверна, хотя и не учитывает влияния второго элемента – жесткости груза, имеющегося в рассматриваемой схеме. При его учете систему надо рассматривать как двухмассовую с двумя упругими связями (см. рис. 9.4, з) и, следовательно, как имеющую две степени свободы. Это значительно усложняет решение.

Для мостовых кранов эффективно определять коэффициент динамичности через массу конструкции крана m_K и статический прогиб u_{CT} .

Обобщенно, с точностью, достаточной для нахождения необходимых параметров, масса, т, двухблочных мостов грузоподъемностью $Q = 5 \dots 50$ т будет вычисляться как

$$M_K = 0,56 (Q + 1,5L). \quad (9.11)$$

Здесь учитывается масса, т, тележки $m_T = 0,4Q$ и масса, т, металлоконструкции $m_{MK} = 0,16Q + 0,84L$ (L – пролет крана, м).

Что касается u_{CT} , то его определить достаточно сложно.

Существует приближенный метод определения K_d значений коэффициентов динамичности для грузозахватных устройств (табл. 9.1).

Расчетная вертикальная нагрузка, действующая на крановое грузозахватное устройство, вычисляется как

$$P_{ГЗ} = Q_{Г} K_d \quad (9.12)$$

где $Q_{Г}$ – номинальный вес поднимаемого груза; K_d – коэффициент динамичности.

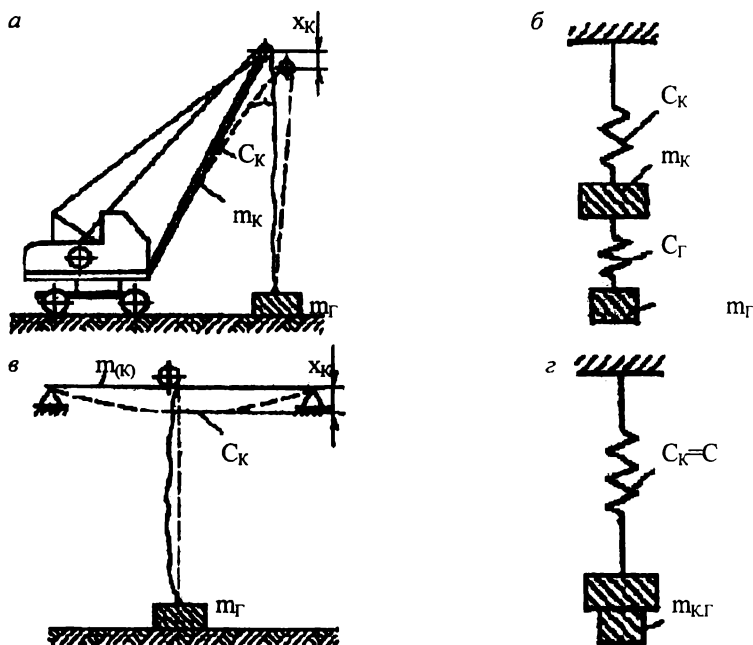


Рис. 9.4. Схема динамического нагружения грузозахватного устройства «с подхватом»:

а – на стреловом кране; *б* – расчетная схема двухмассовой системы; *в* – на мостовом кране; *г* – расчетная схема одномассовой системы

Если конкретные условия использования грузозахватного устройства неизвестны и точно подсчитать значения K_d нельзя, то следует использовать нормативные данные, базирующиеся на допущении, что динамическая нагрузка при нерегулируемом приводе является линейной функцией скорости подъема, т.е.

$$P_d = f(V_{п}). \quad (9.13)$$

Таблица 9.1

Значения нормативных коэффициентов динамичности для грузозахватных устройств K_d

Режим работы	Пролет крана, м	Грузоподъемность Q , т				
		5,0	12,5	20,0	32,0	50,0
Средний режим работы ¹	10,5	1,28	1,33	1,26	1,27	1,22
	19,5	1,18	1,22	1,18	1,19	1,16
	31,5	1,13	1,16	1,14	1,15	1,12
Тяжелый режим работы ²	10,5	1,56	1,66	1,53	1,55	1,27
	19,5	1,36	1,44	1,37	1,40	1,21
	31,5	1,26	1,32	1,29	1,29	1,15
Грейферные краны ³	10,5	До 2,0	До 2,0	До 2,0	–	–
	19,5	1,73	1,90	1,9	–	–
	31,5	1,52	1,64	1,7	–	–

Примечания:

¹При грузоподъемности 5,0 и 12,5 т скорость подъема составляет 10 м/мин, 20,0 и 32,0 т – 8 м/мин, 50,0 т – 6,3 м/мин.

²При грузоподъемности 5,0 и 12,5 т скорость подъема составляет 20 м/мин, 20,0 и 32,0 т – 16 м/мин, 50,0 т – 8 м/мин.

³При грузоподъемности 5,0 и 12,5 т скорость подъема составляет 40 м/мин, 20,0 и 50,0 т – 50 м/мин.

Помимо вертикальной нагрузки, действующей на грузозахватное устройство, в необходимых случаях следует учитывать горизонтальную нагрузку от ветрового воздействия на боковую поверхность F_G груза. Значения боковых (наветренных) площадей грузов приведены ниже в табл. 9. 2.

Таблица 9.2

Значения боковых (наветренных) площадей грузов

Q , т	0,10	0,125	0,16	0,20	0,25	0,32	0,40	0,50	0,63	0,80
F_G , м ²	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5
Q , т	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0
F_G , м ²	2,8	3,2	3,6	4,0	5,0	5,6	6,3	7,1	8,0	9,0
Q , т	10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80
F_G , м ²	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Q , т	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800
F_G , м ²	36	40	47	55	65	75	100	125	160	200

Необходимо также учитывать сдвигающую и моментную нагрузку при смещении центра тяжести груза с оси подвеса.

9.3. Динамическая нагрузка при передвижении крана

Динамическая нагрузка действует на грузозахватное устройство в период неустановившегося движения крана. В начальный момент движения при разгоне крана груз отстает от него, а при торможении – опережает (рис. 9.5).

Угол отклонения груза от вертикали, проведенной через точку подвеса, обозначим как ψ , длину подвеса груза – L , массу крана – m_k , груза – m_g , ротора двигателя и связанных с ним элементов механизма, приведенных к оси ходовых колес, – m_p .

Коэффициент динамичности механизма передвижения получим как

$$K_{дпер.} = P_{дпер.}/Q_g, \quad (9.14)$$

где Q_g – вес груза, Н.

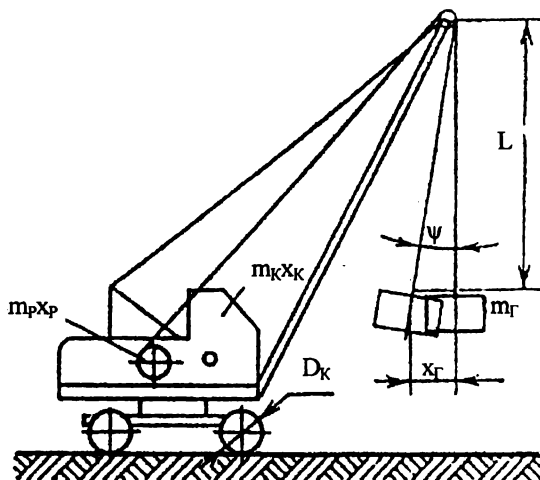


Рис. 9.5. Расчетная схема при разгоне крана

При решении дифференциальных уравнений движения крана и груза выражения для $K_{дпер.}$ имеют достаточно громоздкую форму; в целом анализ расчетов дает основание заключить, что $K_{дпер.}$ не превышает 1,05–1,06.

9.4. Динамическая нагрузка при вращении поворотной части крана

При наличии центробежной силы динамическая нагрузка действует на грузозахватное устройство так же, как и при передвижении крана при отклонении грузового полиспаста от вертикали и перемещении его с некоторой скоростью. Так как центробежная сила, возникающая при вращении поворотной части крана, действует нормально к подвесу, ее следует учитывать лишь в тех случаях, когда сила, сдвигающая груз относительно грузозахватного устройства, влияет на его работу, например при применении вакуумных захватов. Эта сила определяется по формуле

$$P_{ц} = m_{г}\omega^2 R = (Q \pi^2 n^2 R)/900, \quad (9.15)$$

где $Q_{г} = m_{г}$ – масса груза, кг; R – радиус вращения груза, м; n – частота вращения поворотной части, об/мин.

Рассмотрим вращение груза массой $m_{г}$. Подвес длиной L прикреплен к головке стрелы, концевой блок которой находится на расстоянии R от оси вращения (рис. 9.6).

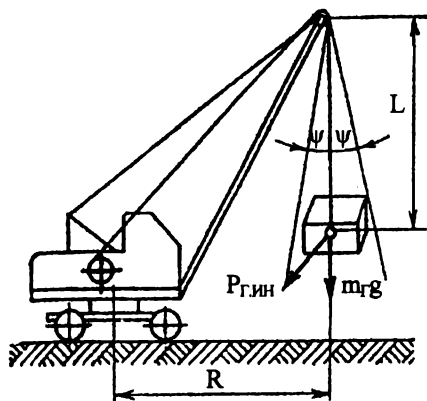


Рис. 9.6. Расчетная схема при вращении поворотной части крана:
 $P_{г.ин}$ – сила инерции; R – радиус вращения груза; $m_{г}$ – масса груза; L – длина подвеса груза; ψ – угол отклонения каната

Для определения динамической нагрузки на грузозахватное устройство, возникающей при отклонении груза по дуге, можно применить формулы, выведенные выше, добавив силы инерции.

Если угловое ускорение ϵ стрелы принять постоянным, то через промежуток времени t после начала движения канат отклонится в дуговой плоскости от вертикали на угол ψ под действием инерционной силы:

$$P_{\text{Г.ин.}} = m_{\text{Г}} \epsilon R. \quad (9.16)$$

Дифференциальное уравнение движения груза относительно оси подвеса имеет вид

$$J_{\text{Г}} \ddot{\psi} = M_{\text{Г}}, \quad (9.17)$$

где $J_{\text{Г}}$ – момент инерции груза относительно этого подвеса; $M_{\text{Г}}$ – сумма моментов сил относительно оси подвеса.

Решая уравнения, получим выражение для определения коэффициента динамичности:

$$K_{\text{д.вр}} = P_{\text{д.вр.}}/Q_{\text{Г}} \quad (9.18)$$

или, в окончательном виде:

$$K_{\text{д.вр}} = 1 + 0,5 ((\epsilon^2 R^2)/g) + (\epsilon^2 R^2)/g = 1 + 1,5 ((\epsilon R)/g)^2. \quad (9.19)$$

Как и в предыдущем случае, $K_{\text{д.вр}}$ не превышает значения 1,05...1,06. Таким образом, расчеты показывают, что при нормальных условиях эксплуатации вертикальная динамическая нагрузка на грузозахватное устройство имеет большое значение только при работе механизма подъема груза. При работе механизмов передвижения крана и вращения его поворотной части в нормальных условиях эксплуатации она не превышает 5–6 % от статической нагрузки.

Контрольные вопросы и задания

1. Укажите нагрузки, действующие на грузозахватные устройства кранов.
2. Назовите особенности расчета динамических нагрузок.
3. Что такое «жесткость», «податливость», «расчетная схема»?
4. Каковы особенности расчета динамических нагрузок при работе механизма подъема?
5. Что такое «подъем груза "с веса" и "с подхватом"»?
6. Каковы особенности расчета динамических нагрузок при передвижении крана?
7. Каковы особенности расчета динамических нагрузок поворотной части крана?
8. Что такое «коэффициент динамичности»?

Заключение

В настоящем пособии рассмотрены разновидности ПТО, их классификация и общие характеристики. Главное внимание уделено кранам, в частности мостовым и стреловым, как основному виду грузоподъемных машин машиностроительных предприятий. Приведены структурные и кинематические схемы мостовых опорных и мостовых подвесных кранов, а также автомобильных, башенных и порталных кранов. Отмечены их достоинства и недостатки.

Особое внимание уделено крановым механизмам: подъема, передвижения, изменения наклона стрелы. При анализе механизма передвижения решены вопросы, связанные с определением сопротивления передвижению крана и грузовой тележки, с определением запаса сцепления колес с рельсами.

В пособии рассмотрены конструкции и характеристики грузозахватных и тяговых устройств кранов. Представлены расчеты нагрузок, действующих на грузозахватные устройства при работе различных механизмов в режиме статического и динамического нагружений. Решены задачи, связанные с уравниванием стрелы и построением грузовысотной характеристики стреловых кранов.

Пособие является начальной частью большого учебно-методического пособия по изучению подъемно-транспортной техники вообще и техники машиностроительных предприятий в частности. Следующим этапом планируется издать пособия под названием «Конвейеры», «Напольный транспорт», «Лифты», «Механика подъемно-транспортного оборудования», которые могут быть полезны не только студентам машиностроительных факультетов вузов, но и инженерно-техническим работникам, занимающимся вопросами обслуживания и ремонта данного вида техники.

Библиографический список

1. *Александров М. П.* Грузоподъемные машины [Текст]: учеб. для вузов / М. П. Александров. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана: Высш. шк., 2000. 552 с.
2. *Богорад А.А.* Грузоподъемные краны машиностроительных предприятий [Текст]: учеб. для ПТУ / А. А. Богорад, А.Т. Загузин. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1990. 271 с.
3. *Вайнсон А.А.* Крановые грузозахватные устройства [Текст]: справ. / А. А. Вайнсон, А. Ф. Андреев. М.: Машиностроение, 1982. 304 с.
4. *Грузоподъемные краны промышленных предприятий* [Текст]: справ. / И. И. Абрамович, В. Н. Березин, А. Г. Яурс. М.: Машиностроение, 1989. 360 с.
5. *Крайнев А. Ф.* Словарь-справочник по механизмам [Текст] / А. Ф. Крайнев. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 560 с.
6. *Кузьмин А. В.* Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин [Текст] / А. В. Кузьмин, Ф. Л. Марон. 2-е изд., перераб. и доп. Минск: Высш. шк., 1983. 350 с., ил.
7. *Лысяков А. Г.* Краны промышленных предприятий [Текст]: справ. пособие для СПТУ / А. Г. Лысяков. М.: Машиностроение, 1985. 176 с., ил.
8. *Подъемно-транспортные машины* [Текст]: атлас конструкций / под ред. М. П. Александрова и Д. Н. Решетова. М.: Машиностроение, 1987. 122 с.
9. *Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов* [Текст]. СПб.: Изд-во ДЕАН, 2001. 272 с.
10. *Справочник по кранам* [Текст]: в 2т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин и др.; под. общ. ред. М. М. Гохберга. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-е, 1988. 536 с., ил.
11. *Справочник по кранам* [Текст] : в 2т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М. П. Александров, М. М. Гохберг, А. А. Ковин и др.; под общ. ред. М. М. Гохберга. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. 526 с.

12. *Стреловые* самоходные краны и строповка грузов [Текст] : справ. изд./ Л. И. Ткач, Н. А. Слепчук, А. И. Носков и др. М.: Металлургия, 1990. 272 с.

13. *Строительные* краны [Текст]: справ. / В. П. Станевский, В. Г. Моисеенко, Н. П. Колесник, В. В. Кожушко; под. общ. ред. канд. техн. наук В. П. Станевского. Киев.: Будевельник, 1984. 240 с.

14. *Федосеев В. Н.* Приборы и устройства безопасности грузоподъемных машин [Текст]: справ. / В.Н. Федосеев. М.: Машиностроение, 1990. 320 с., ил.

Учебное издание

Каржавин Владимир Васильевич
Каменских Сергей Фридрихович

КРАНЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Учебное пособие

Редактор Н.М. Юркова
Компьютерная верстка С.Ф. Каменских

Печатается по постановлению
редакционно-издательского совета университета

Подписано в печать 10.12.08. Формат 60х84/16. Бумага для множ. аппаратов.

Усл. печ. л. 4,8. Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 100 экз. Заказ № 45

Издательство ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет». Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

Отпечатано в ООО "ТРИКС"
Свердловская обл., г. Верхняя Пышма, ул. Феофанова, 4.